

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta stavební
Katedra dopravního stavitelství

Návrh asfaltového koberce mastixového dle ČSN EN 13108-5

Design of sheet asphalt according to ČSN EN 13108-5

Student:
Vedoucí diplomové práce:

Bc. Jan Pazdziora
Doc. Ing. Marián Krajčovič, Csc.

Ostrava 2009

Zadání diplomové práce

Student:

Bc. Jan Pazdziora

Studijní program:

N3607 Stavební inženýrství

Studijní obor:

3607T036 Dopravní stavby

Téma:

Návrh asfaltového koberce mastixového dle ČSN EN 13108-5

Design of Sheet Asphalt according to ČSN EN 13108-5

Zásady pro vypracování:

Cílem diplomové práce je vypracovat návrh asfaltové směsi do obrusné vrstvy vozovky. Směs bude navržena dle ČSN EN 13108-5.

Závěrečný elaborát má obsahovat výsledky laboratorních zkoušek prováděných v rámci návrhu směsi a dále kontrolních zkoušek hotové asfaltové vrstvy.

Seznam doporučené odborné literatury:

1. Kaun, M., Lehovec, F.: Pozemní komunikace 20, ČVUT, Praha, 2004
2. ČSN 73 6121 Stavba vozovek: Hutněné asfaltové vrstvy
3. ČSN 73 6160 Zkoušení silničních živičných směsí
4. ČSN EN 13043 Kamenivo pro AS a povrchové vrstvy pozemních komunikací, letištních a jiných dopravních ploch
5. ČSN EN 13108-5 Asfaltové směsi – Specifikace pro materiály – Část 5: Asfaltový koberec mastixový


Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Marián Krajšovič, CSc.**

Datum zadání: 27.02.2009

Datum odevzdání: 30.11.2009




Ing. Ivana Mahdalová, Ph.D.
vedoucí katedry


doc. Ing. Alois Materna, CSc., MBA
děkan fakulty

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta stavební
Katedra dopravního stavitelství

Návrh asfaltového koberce mastixového dle ČSN EN 13108-5

Design of sheet asphalt according to ČSN EN 13108-5

Student:
Vedoucí diplomové práce:

Bc. Jan Pazdziora
Doc. Ing. Marián Krajčovič, Csc.

Ostrava 2009

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 30. listopadu 2009

.....
Bc. Jan Pazdziora

Prohlašuji, že

byl jsem seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.

beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB – TUO) má právo nevýdělečné ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).

souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB – TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB – TUO.

bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohou jen se souhlasem VŠB – TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB – TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 30. listopadu 2009

.....
Bc. Jan Pazdziora

1 Anotace

Pazdziora, J. – Diplomová práce 2009. *Návrh asfaltového koberce mastixového dle ČSN EN 13108-5*. VŠB – TUO Ostrava.

Anotace

Diplomová práce řeší zpracování návrhu asfaltové směsi mastixového koberce do obrusné vrstvy vozovky podle současné evropské normy EN 13108-5, která je součástí souboru evropských norem první generace. Podle této evropské normy bude konečným cílem stanovení požadovaných funkčních vlastností asfaltové směsi. Výsledkem této práce jsou protokoly o provedených zkouškách asfaltové směsi mastixového koberce v laboratořích TPA s.r.o Ostrava a TPA s.r.o. Olomouc, kde se veškerá měření odehrávala.

Na základě optimalizačních zkoušek, kterým byla navržena asfaltová směs mastixového koberce podrobena se stanovila optimální dávka asfaltového pojiva. Tento údaj o množství asfaltového pojiva určil zda je směs správně navržena.

Klíčová slova: mastixový koberec, evropská norma, požadované funkční vlastnosti, asfaltová směs.

Pazdziora, J. - Graduate thesis 2009. *Design of sheet asphalt according to ČSN EN 13108-5*. VŠB – TUO Ostrava.

Annotation

This graduate thesis tackling process of design of stone mastix asphalt for surfacing layer of carriage way in agreement with euronorm ČSN EN 13108-5, witch is the first generation of collection standarts and guidelines. In compliance with this euronorm will be finaly objective determining the required functional properties of asphalt mixture. Result of this thesis are protocols about laboratory testing of stone mastix asphalt that have already been done in laboratory TPA s.r.o. Ostrava and TPA s.r.o. Olomouc.

The results of the optimization tests witch was for design mixture of bitumen specifically stone mastix asphalt established optimal dose of asphalt binder. This plain indication of optimal dose of asphalt binder dermined which is correctly designed.

Keywords: stone mastix asphalt, euronorm, functional properties, asphalt mixture

1	ANOTACE.....	4
2	ÚVOD.....	5
2.1	ZÁKLADNÍ PODMÍNKY PRO NAVRHOVÁNÍ VOZOVEK	6
2.2	ZÁKLADNÍ TERMINOLOGIE, DEFINICE, ZNAČKY A ZKRATKY	7
2.3	FUNKCE JEDNOTLIVÝCH VRSTEV VOZOVKY	8
2.3.1	Kryt vozovky.....	8
2.3.2	Podkladní vrstvy	9
2.3.3	Podloží vozovky.....	9
2.4	FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ NÁVRH VOZOVKY	9
2.4.1	Faktory vstupující do výpočtu konstrukce.....	9
2.4.2	Technologické zásady.....	11
2.4.3	Ekonomické hledisko.....	11
2.4.4	Ochrana životního prostředí	11
2.4.5	Energetická náročnost výstavby.....	11
2.4.6	Výpočtové metody návrhu vozovky.....	11
2.5	SPECIFICKÉ PŘÍPADY NÁVRHU VOZOVEK	12
2.5.1	Mosty a jejich konstrukce vozovky.....	12
2.5.2	Tunely a jejich konstrukce vozovky.....	12
3	POŽADAVKY (NORMY) PRO ASFALTOVÉ VRSTVY VOZOVEK.....	13
3.1	VÝVOJ A VÝHLED EVROPSKÉ NORMY	13
3.2	ZAVEDENÍ EVROPSKÉ NORMY V ČESKÉ REPUBLICE	14
4	MASTIXOVÝ KOBEREC – ASFALTOVÁ SMĚS.....	15
4.1	TECHNICKÉ ZNAČENÍ ASFALTOVÉHO KOBERCE MASTIXOVÉHO.....	15
4.2	PŘEHLED TLOUŠTEK JEDNOTLIVÝCH VRSTEV ASFALTOVÉ SMĚSI	15
5	SLOŽKY ASFALTOVÉ SMĚSI MASTIXOVÉHO KOBERCE	17
5.1	KAMENIVO VŠEOBECNĚ	17
5.1.1	Požadavky na hrubé a drobné kamenivo.....	18
5.1.2	Požadavky na filer jako kamenivo	24
5.2	ASFALTOVÉ POJIVO.....	26
5.2.1	Zkoušky asfaltového pojiva.....	26
6	NÁVRH A ZKOUŠENÍ SMĚSI ASFALTOVÉHO KOBERCE MASTIXOVÉHO	28
6.1	VŠEOBECNÝ NÁVRH ASFALTOVÉ SMĚSI	30
6.2	NÁVRH ČÁRY ZRNITOSTI KAMENIVA SMA.....	31
6.3	STANOVENÍ TEORETICKÉHO MNOŽSTVÍ POJIVA SMA.....	31
6.4	STANOVENÍ NÁVRHOVÉHO MNOŽSTVÍ POJIVA SMA	34
6.5	ZKOUŠKY SMĚSI ASFALTOVÉHO KOBERCE MASTIXOVÉHO	35
6.5.1	Zkouška obsahu rozpustného pojiva	36
6.5.2	Zkouška zrnitosti	37
6.5.3	Stanovení maximální objemové hmotnosti	37
6.5.4	Stanovení objemové hmotnosti zkušebního tělesa vážením ve vodě.....	38
6.5.5	Stanovení mezerovitosti asfaltových směsí.....	39
6.5.6	Stanovení odolnosti zkušebního tělesa vůči vodě.....	39
6.5.7	Stékavost pojiva	40
6.5.8	Zkouška pojižděním kolem.....	40
6.5.9	Stanovení pevnosti v příčném tahu.....	41
6.5.10	Příprava těles rázovým zhutňovačem.....	42
6.5.11	Odolnost proti působení rozmrazovacích kapalin.....	42
6.5.12	Odolnost proti působení pohonných hmot.....	42
6.6	RECEPTURA SMĚSI SMA 11 S NAVRŽENA V RÁMCI DIPLOMOVÉ PRÁCE V LABORATOŘI TPA S.R.O. OSTRAVA.....	43
7	ZÁVĚR.....	52
8	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	53
9	PŘÍLOHY	54

2 Úvod

2.1 Základní podmínky pro navrhování vozovek

Vozovka je důležitou součástí silniční komunikace. Od kvality vozovky závisí bezpečnost a pohodlí silniční dopravy. Z hlediska návrhu konstrukce vozovky je důležité efektivně uspořádat jednotlivé konstrukční vrstvy tak, aby konstrukce vyhovovala daným místním podmínkám a požadavkům dopravního zatížení po dobu předpokládané životnosti.

Vozovku je důležité navrhnout tak, aby po dobu jejího užívání nedošlo k předčasné degradaci a následnému poklesu únosnosti pod únosnou míru, k překročení dovolené míry nerovností povrchu, či protismykových vlastností. Zároveň je důležité vytvořit podklady pro budoucí údržbu, která by měla být efektivní a v souladu se systémovým managementem hospodaření s vozovkou.

Požadovanou kvalitu vozovky, tj. vytvoření předpokladů pro zajištění dopravní způsobilosti po dobu životnosti, je možno docílit vhodně navrženými konstrukčními vrstvami vozovky s požadovanými fyzikálně-mechanickými vlastnostmi a stanovenými tloušťkami, ale rovněž vytvoření podmínek pro zabezpečení potřebné únosnosti podloží.

V současné době je konstrukce vozovky velmi ovlivněna ekonomickými požadavky, které zahrnují především stavební náklady a náklady na budoucí stavební údržbu. Veškeré tyto náklady je zapotřebí při návrhu vozovky důkladně analyzovat a minimalizovat při dodržení technickým požadavků vozovek. Za optimální konstrukci vozovky lze považovat takovou, která splňuje tyto kritéria:

- maximální využití materiálových vlastností konstrukčních vrstev,
- úroveň spolehlivosti,
- parametry provozní způsobilosti a výkonnosti vozovky,
- spotřeba finančních, materiálových a energetických zdrojů,
- vlivu na životní prostředí.

V závěru lze konstatovat, že vozovku je zapotřebí navrhnout a zhotovit tak, aby byly splněny následující požadavky:

- a) *Technické*, které zabezpečují návrh konstrukce, který předpokládá požadovanou životnost vozovky a tím související nároky na správce komunikace:
 - odolnost proti opakovaným účinkům dopravního zatížení,
 - odolnost proti účinkům mrazu (mrazové trhliny atp.),
 - odolnost vozovky proti opakovaným účinkům dopravy při vysokých letních teplotách (trvalé deformace asfaltových vozovek, stárnutí).
- b) *Provozní* jsou takové podmínky splňující nároky uživatelů využívajících pozemní komunikace. Zpravidla se mezi ně řadí:
 - rovnost a drsnost povrchu,
 - pohodlí ovlivněné nerovností vozovky v příčném a podélném směru,
 - valivý odpor, textura povrchu a výtluky.
- c) *Ekonomické* požadavky musí při návrhu vozovky minimalizovat finanční prostředky, jako:
 - náklady na výstavbu nové vozovky,
 - náklady na údržbu a počet oprav po dobu plánované životnosti.

d) *Ekologické* zajišťují ochranu okolního prostředí podél komunikace, kde zpravidla jde o:

- snižování hluku z valivého odporu kol,
- zajištění bezprašného povrchu,
- snížení rozstřikování srážkové vody z povrchu komunikace.

e) *Estetické* jsou takové požadavky, které mají vytvářet:

- požadovanou kvalitu pro řidiče a uživatele pozemní komunikace,
- architektonické dotváření v konkrétním urbanizovaném území (obytné soubory, krajina v přírodním prostředí apod.).

2.2 Základní terminologie, definice, značky a zkratky

Vzhledem k tomu, že tato práce ve své hlavní části obsahuje mnoho odborných termínů, které mají své specifické definice. Byly vybrány pouze nejdůležitější z nich pro lepší pochopení celé textové části.

Vozovka

Je stavební konstrukce skládající se z vrstev (vícevrstvá konstrukce), která je budována na silničním podloží jako podpůrné konstrukci. V průběhu své životnosti vykazovat dostatečnou odolnost vůči deformacím a vytvářet takové předpoklady na bezpečnou, pohodlnou a hospodárnou jízdu silničních vozidel. Vozovka se skládá ze tří základní částí:

- kryt,
- podklad,
- ochranná vrstva.

Tyto části lze rozdělit na jednotlivé konstrukční vrstvy jako:

- obrušná vrstva krytu
- ložná vrstva krytu
- horní podkladní vrstva
- dolní podkladní vrstva
- ochranná vrstva
- pláš zeminového tělesa
- podloží

Asfaltová vozovka je takový typ vozovky, kdy alespoň kryt vozovky je z asfaltové směsi. Ve většině případů je asfaltová směs použita v ložné a podkladní vrstvě.

Netuhá vozovka je vozovka s krytem z asfaltových vrstev a z nestmelených podkladních vrstev, které při krátkodobém zatížení chová jako pružný vícevrstvý systém. Z hlediska dlouhodobého zatížení mohou na vnějším povrchu konstrukce vzniknout trvalé, plastické deformace.

Polotuhá vozovka je konstrukce skládající se z asfaltové vrstvy v krytu a ze stmelených podkladních vrstev.

Tuhá vozovka je vozovka s cementovým krytem Tuhost krytu je vyjádřena zjednodušeným modulem pružnosti a je až stonásobně vyšší než tuhost podkladu.

Vozovka na mostech je vícevrstvá konstrukce zřízena na mostní konstrukci, která tvoří podpůrnou konstrukci mostní vozovky.

Vozovka v tunelech je konstrukce vozovky působící jako vícevrstvý systém v konstrukci tunelu. Při návrhu konstrukce vozovky v tunelu jsou definované odlišné vstupní podmínky.

Podloží vozovky je označováno jako vrchní část zemního tělesa, které slouží jako podklad pro konstrukci vozovky. V podloží vozovky dochází ke změnám od:

- napětí vlivem dopravního zatížení,
- teplotního režimu (promrzání a oteplování),
- vodního režimu,
- únosnosti.

Spolehlivost vozovky je schopnost vozovky plnit požadované provozní funkce po uvažovanou dobu. Spolehlivost je charakterizována provozní způsobilostí, dobou životnosti, udržitelností a opravitelností.

Provozní způsobilost určuje požadavky na vozovku, které musí být splněny a jsou vyjádřeny okamžitými hodnotami proměnlivých parametrů jako je drsnost, rovnost, stav povrchu apod.

Provozní výkonnost je míra schopnosti vozovky odolávat namáhání do dosažení mezního stavu únosnosti. Zpravidla se vyjadřuje výpočtem opakovaných namáhání návrhovou nápravou.

Únosnost vozovky je zajištění požadavků charakterizované hodnotou rozhodující veličiny (napětí, přetvoření apod.), případně funkcí těchto veličin. Únosnost vozovky je definovaná jako odolnost proti účinkům zatížení, charakterizovaná poměrem napětí nebo poměrného přetvoření k pevnosti a dovolenému přetvoření materiálu v kritické vrstvě.

Životnost vozovky je stanovená na návrhové období v letech, které se uvažuje při navrhování vozovky, její stavební údržbě, opravě nebo rekonstrukci.

2.3 Funkce jednotlivých vrstev vozovky

Vozovka, která je uvažována jako vícevrstvý systém má své opodstatnění ve svých konstrukčních vrstvách. Na každou konstrukční vrstvu jsou kladeny specifické požadavky, které přispívají k celkové životnosti celé konstrukci vozovky.

2.3.1 Kryt vozovky

Je vrchní část vozovky, která je určena pro pohyb silničních vozidel. V závislosti na konstrukci vozovky může být kryt jednovrstvý nebo vícevrstvý. U asfaltových vozovek kryt tvoří obvykle dvě vrstvy, obrusnou (nejvrchnější) a ložní, která tvoří podklad pro obrusnou vrstvu. U tuhých vozovek tvoří kryt cementobetonová deska uložená na kluzné vrstvě. Kryt je technologicky nejnáročnější součástí vozovky.

Požadavky kladené na kryt:

- dokonalý kontakt pneumatiky s vozovkou, který je možné zabezpečit potřebnou drsností a odolností povrchu proti vyhlazování,
- přenos zatížení od nápravy do podkladu a podloží,
- kvalitní podmínky pro pohyb vozidla s požadovanou rovností povrchu a nízkým valivým odporem,
- drenážní vlastnosti, které zajistí rychlý odtok vody z povrchu vozovky,
- izolační vlastnosti proti zatékání vody do konstrukčních vrstev vozovky a podloží,
- estetické požadavky, kvalitní vzhled a vhodná barva krytu,
- reflexní vlastnosti povrchu
- nízká hlučnost,
- taková životnost, aby nedocházelo k rušení provozu na pozemních komunikacích z důvodu oprav.

Mezi rozhodující vlastnosti povrchu, které vytváří kvalitní podmínky pro dobrý kontakt kola vozidla s vozovkou a tím zajištění bezpečné jízdy je drsnost vozovky. Z hlediska technických požadavků se vyžadují dostatečné protismykové vlastnosti vyjádřené součinitel podélného tření na mokré vozovce. V rámci rozsáhlých pozorování vyplývá, že se zmenšujícím se součinitelem podélného tření stoupá nehodovost úseku.

Další z vlastností, které ovlivňují bezpečnost silničního provozu jsou nerovnosti vozovky v příčném směru a podélném směru. Příčné nerovnosti ovlivňují bezpečnost a pohodlí jízdy, podélné nerovnosti ovlivňují pouze pohodlí. V mnohých zemích Evropy jsou stanoveny kritické hodnoty střední teoretické hloubky příčné nerovnosti.

2.3.2 Podkladní vrstvy

Jsou vrstvy, které zajišťují přenos silových účinků z krytu vozovky do níže položených ochranných vrstev a podloží. Netuhé vozovky jsou vystaveny vysokým hodnotám svislých napětí vznikající od dopravního zatížení a často největším radiálním napětím, které způsobují trhliny ve vrstvě a tím konec životnosti vrstvy a vozovky.

Podkladní vrstvy stmelené organickým nebo hydraulickým pojivem jsou navrhovány pro více zatížené a dopravně významné komunikace a nestmelené pro dopravně méně významné cesty.

Velký problém u asfaltových stmelených podkladních vrstev vzniká, kde vlivem teplot dochází k poklesu takových vlastností jako je pevnost vrstvy, modul pružnosti a podobně. To obvykle vede k trvalým deformacím na povrchu vozovky. Pro zabezpečení správného návrhu je potřeba stanovit co nepřesnější teploty vrstev v rámci období jednoho roku a z nich odvodit příslušné mechanické charakteristiky vrstev. Zpravidla se asfaltové vrstvy posuzují na čtyři roční období.

Nepříznivým důsledkem cementových stmelených vrstev je vznik trhlin, které se můžou kopírovat až na povrch asfaltových krytů.

Nestmelené podkladní vrstvy se často používají jako spodní podkladní vrstvy, ale taky jako vrstvy ochranné, které zabezpečují ochranu podloží před nepříznivými účinky mrazu. Jejich mechanická účinnost je závislá od druhu a složení zrn kameniva.

2.3.3 Podloží vozovky

Tvoří základ pro konstrukční vrstvy vozovky. Únosnost je závislá od druhu zeminy, vodního režimu a klimatických podmínek. Kritickou hodnotou při dimenzování vozovek je jarní únosnost, která se stanovuje ze střední hodnoty únosnosti. Při poklesu únosnosti podloží pod hodnotu 30 MPa je zapotřebí uvažovat s vylepšováním podloží. V zásadě je to možné realizovat mechanickým zpevněním zeminy v podloží nebo chemicky.

2.4 Faktory ovlivňující návrh vozovky

Konstrukce vozovky je, jako každá stavební konstrukce je v rámci návrhu ovlivněna specifickými podmínkami. Obecně lze říci, že v návrhu konstrukce vozovky kromě faktorů vstupujících do výpočtu figurují i technologické či ekonomické faktory, které návrh a složení konstrukce mohou výrazně ovlivnit.

2.4.1 Faktory vstupující do výpočtu konstrukce

Jsou v této kapitole kurzivě zvýrazněny a popsány jakým způsobem se podílí na návrhu vozovky.

Dopravní zatížení je hlavním vstupem figurujícím ve výpočtu, které udává počet zatížení určité velikosti. Protože charakter dopravního zatížení je na pozemních komunikacích odlišný, to znamená, že se po povrchu vozovek pohybují různé druhy vozidel jako osobní automobily (OA), nákladní automobily (NA), přívěsy nákladních vozidel (PN), autobusy (A) a další prostředky, tak podle TP 170 (Navrhování vozovek pozemních komunikací) se pro výpočet a posouzení vozovky stanovilo jednotné zatížení na nápravu $Q_k = 100$ kN pro dvě kola se zdvojenými pneumatikami, kde vzdálenost středu dotkových ploch je 0,344 m, pak poloměr dotkových zatěžovacích ploch $a_k = 0,1203$ m a průměrný dotkový tlak uvažovaný jako intenzita svislého rovnoměrného zatížení 0,55 MPa. Tyto uvedené hodnoty platí pouze pro běžný provoz na pozemních komunikacích. Pro ostatní dopravní plochy se uvažuje s jinými hodnotami. Výpočetní model je rovněž závislý i na počtu těžkých nákladních vozidel TNV, kdy údaj průměrné denní intenzity těžkých nákladních rozhoduje o zařazení do třídy dopravního zatížení, od kterého se dále výpočet odvíjí.

Únosnost podloží je nezanedbatelným faktorem ve výpočtu konstrukce vozovky. Mezi nejdůležitějším podkladem pro návrh zemního tělesa je geotechnický průzkum, který zpravidla má určit typ zeminy a její namrzavost. Velmi důležitou informací průzkumu pro namrzavost podloží je vodní režim, který má velký vliv na konstrukční vrstvu vozovky. Vodní režim je buď příznivý (difúzní), nepříznivý (kapilární) a velmi nepříznivý (pendulární).

Klimatické podmínky výrazně ovlivňují hodnotu indexu mrazu, která je důležitá pro výpočet promrzání podloží, což určuje minimální tloušťku konstrukce vozovky. Pro ukázkou je v tab. 2.1. ukázkou požadovaných minimálních hodnot tloušťky nenamrzavých vrstev vozovky.

Tab. 2.1. Požadované minimální tloušťky nenamrzavých vrstev netuhé vozovky včetně podloží z nenamrzavých materiálů podle TP 170

Návrhová hodnota indexu mrazu °C	Vodní režim podloží	Nejmenší přípustná tloušťka vrstev z nenamrzavých materiálů pro vozovky s návrhovou úrovní porušení [m]			
		D0	D1	D0	D1
		je-li zemina podloží			
		namrzavá a mírně namrzavá		nebezpečně namrzavá	
300	difúzní pendulární kapilární-	neposuzuje se neposuzuje se 0,30	neposuzuje se neposuzuje se neposuzuje se	neposuzuje se 0,30 0,40	neposuzuje se neposuzuje se 0,30
400	difúzní pendulární kapilární	neposuzuje se 0,30 0,40	neposuzuje se neposuzuje se 0,30	0,30 0,40 0,50	neposuzuje se 0,30 0,40
500	difúzní pendulární kapilární	0,40 0,45 0,55	0,30 0,35 0,45	0,45 0,55 0,65	0,35 0,45 0,55
600	difúzní pendulární kapilární	0,50 0,55 0,65	0,40 0,45 0,55	0,55 0,65 0,75	0,45 0,55 0,65
700	difúzní pendulární kapilární	0,60 0,65 0,75	0,50 0,55 0,65	0,65 0,75 0,85	0,55 0,65 0,75
800	difúzní pendulární kapilární	0,70 0,75 0,85	0,60 0,65 0,75	0,75 0,85 0,95	0,65 0,75 0,85

Deformačními charakteristikami se ve výpočtu rozumí hlavně modul pružnosti E a poissonovo číslo jednotlivého stavebního materiálu. Obecně se pro návrh vozovky používají průměrné hodnoty, ale není vyloučeno, že nelze použít hodnoty, které jsou laboratorně zjištěné na konkrétních materiálech.

2.4.2 Technologické zásady

Stanovují minimální hloubku vrstvy v závislosti na velikosti minimálního zrna použitého kameniva, což je důležitým faktorem, který je zapotřebí zohlednit v tloušťce vrstvy vozovky na základě dopravního zatížení takovým způsobem, aby byla konstrukce realizovatelná stavebními prostředky.

Maximální tloušťky vrstev vozovky by měly být navrženy v závislosti od materiálových možností v blízkosti stavby, kdy se tím myslí, že doprava materiálu na dlouhou vzdálenost způsobí kromě vyšších investic, tak ztrátu potřebných vlastností, které mohou v konečném důsledku znehodnotit stavbu.

Technické vybavení stavebních firem dokáže výrazně ovlivnit kvalitu konečného díla a rovněž se podílí na délce výstavby.

2.4.3 Ekonomické hledisko

Je takové, že ekonomická hodnota vozovky je výrazně ovlivněna tloušťkami jednotlivých vrstev konstrukce vozovky. Obvykle platí, že čím výše se postupuje směrem od pláň nahoru, tím náklady stoupají, ale ne vždy to bývá pravidlem. Konstrukce vozovky proto musí být navržena optimálním způsobem. Rozhodně se musí věnovat velká pozornost návrhu konstrukce vozovky, protože špatný návrh může vyvolat nečekané investice do oprav, které jsou spojené s nepříjemnostmi, jako je omezení provozu na komunikaci.

2.4.4 Ochrana životního prostředí

Použitím recyklovatelných materiálů ve skladbě konstrukce vozovky má pozitivní vliv na životnost prostředí z hlediska neobnovitelných zdrojů. Co se týče hluku, který způsobuje valivý pojezd kol po vozovce, tak tento dopad na životní prostředí lze eliminovat na přijatelnou úroveň správným návrhem obrusné vrstvy vozovky.

2.4.5 Energetická náročnost výstavby

Ideálně zvolenými materiály v konstrukci vozovky, které jsou dostupné v okolí stavby se výrazně sníží vzdálenost dopravy materiálů. Tím klesne spotřeba pohonných hmot stavebních mechanismů, emise a výdej energie na výstavbu.

2.4.6 Výpočtové metody návrhu vozovky

V současné době jsou výpočetní metody pro návrh a posouzení asfaltových vozovek založeny především na analytických metodách výpočtu napětí a přetvoření, které jsou postaveny na matematické teorii pružnosti. Na počátku vývoje výpočetních metod se uvažovalo s lineárně pružným přetvořením materiálů používajících se v silničním stavitelství. S postupem doby po provedení mnoha experimentů se začalo ve výpočetních metodách zohledňovat vazko-elastické chování silničních materiálů (především u asfaltů), a tím i vazko-pružné přetvoření. Zavedením těchto „matematicko-fyzikálních modelů“ se výpočetní hodnoty začaly přibližovat hodnotám stanovenými experimentálně.

Pro výpočet vozovka představuje vícevrstvý systém z materiálů s odlišnými vlastnostmi

a je uložena na podloží, na kterém byla aplikována teorie pružného poloprostoru. Výpočetní metody napětí a přetvoření se postupem doby rozvíjely. Od jednovrstvého systému dle Boussinesqovy teorie, dvouvrstvého systému podle Burtmisterovy nebo Odemarkovy teorie, trojvrstvého systému podle Jonesa až po vícevrstvé systémy, které už využívají výpočetní software jako Layeps nebo Laymed, který je starší verze programu Layeps. V současné době patří mezi nejmodernější způsoby výpočtu napětí a přetvoření metoda konečných prvků, kde se pro tyto výpočty používá software jako Ansys nebo Plaxis.

2.5 Specifické případy návrhu vozovek

Konstrukce vozovky v rámci silniční dopravní cesty není v celé své délce jednotná. To je způsobeno tím, že trasa nemusí být vždy vedena na klasickém silničním tělese (násyp, zářez, odřez), ale z různých důvodů (geologické poměry, členitost terénu, zástavba) se na trase vyskytují takové stavební objekty jako mosty a tunely, kde konstrukce vozovky a filozofie návrhu je odlišná.

2.5.1 Mosty a jejich konstrukce vozovky

Konstrukce vozovky na mostě je vícevrstvá konstrukce umístěná na horním povrchu mostovky. Skládá se z krytu, ochranné vrstvy a izolačního systému. Umožňuje plynulou a bezpečnou jízdu vozidel, přenáší účinky dopravy, ochraňuje mostovku před klimatickými a chemickými vlivy.

Kryt, horní vrstva na mostě je bezprostředně vystavena účinkům dopravy, klimatickým vlivům a účinkem údržby vozovek. Kryt tvoří jedna vrstva. Ochranná vrstva slouží na ochranu izolace mostu. Izolační systém je souvrství skládající se z izolační vrstvy a speciální úpravy povrchu mostovky.

Vozovka na mostě, které je součástí silniční a dálniční sítě musí mít stejné vlastnosti ve vztahu k uživateli jako vozovka na přilehlé komunikaci. Zpravidla musí zabezpečit optimální podmínky pro jízdu motorových vozidel v různých klimatických podmínkách. Vzhledem k malé hloubce vozovek a vlastnosti materiálů, vozovka na mostě není samostatnou konstrukcí, sleduje průhyby a vibrace mostovky při jízdě vozidla. Musí chránit mostovku proti vodě a účinkům posypových solí používaných v zimním období v rámci údržby.

Mostovky betonových a ocelových mostů se navrhují přímo v požadovaném sklonu příčném a podélném sklonu vozovky, který musí zabezpečit spolehlivé a rychlé odvedení povrchové nebo prosakující vody.

2.5.2 Tunely a jejich konstrukce vozovky

Vzhledem k tomu, že tunel je liniový podzemní objekt, který je umístěný v horninovém masívu, respektive vodním prostředí. Rozdíl automobilové dopravy v tunelech při porovnání s otevřenými úseky komunikací je náhlé změně prostředí. Tunel je vytvořený v horninovém prostředí a stává se jeho součástí. Proto je velmi důležité důkladně analyzovat toto prostředí a přizpůsobit tomu návrh tunelu, který spočívá v návrhu dopravního, stavebního, větracího a signalizačního.

Z hlediska namáhání vozovek jsou faktory ovlivňující návrh konstrukce v tunelech stejné jako u vozovek vedených na otevřených úsecích. Vozovku je všeobecně potřeba chránit před promrzáním podloží a účinky vody. Z těchto důvodů je potřeba zajistit dokonalé odvodnění tunelové roury a rovněž podloží vozovky.

Prostředí tunelu dává výhodné klimatické podmínky. Z hlediska teplotního namáhání jsou vozovky v tunelech namáhány v zimním období účinky mrazu jen do určité délky směrem dovnitř tunelu. V letním období nejsou vozovky vyhřívány sluncem a rozdíl maximálních minimálních teplot během roku je malý.

Všeobecně se v tunelech používaly vozovky asfaltové a cementobetonové v závislosti na tunelovém profilu a horninového prostředí, ve kterém je tunel vedený. Podle typu prostředí a podmínek výstavby je stanovený profil tunelu, který předurčuje typ konstrukce vozovky. Podle toho jaká je kvalita, celistvost podloží (horniny) a rovnost dna výlomu se navrhne konstrukce vozovky. Při klenbovitém profilu je vozovka kladena přímo na podloží nebo spodní protiklenbu. U rourovitého profilu je konstrukce vozovky uložena na železobetonovou konstrukci. Pokud je horninové prostředí tvořené z nesoudržných hornin a tunelový profil je klenbovitý, vybuduje se spodní klenba ze železobetonu, na kterou budou uložena vozovka. V případě skalnatého prostředí tvoří podklad drenážní vrstva ze štěrkodrti. Při skalním porušeném prostředí je dno vyplněné cementovým betonem, na který je položena vrstva ze štěrkodrti a následně jednotlivé vrstvy vozovky. V místech prosakování vodou nebo zvětrávající a rozpadající horniny je zapotřebí navrhnout vyrovnaní dna výlomu a odvedení vody v podsypné vrstvě.

Obecné části vrstev vozovky v tunelu:

- kryt,
- horní a dolní podkladní vrstva,
- ochranná vrstva.

Zpravidla se horní podkladní vrstva navrhuje z obalovaného kameniva a kryt asfaltového koberce mastixového nebo asfaltového betonu, respektive u tuhých vozovek je kryt z cementobetonové desky. Tyto vrstvy potom spolu vytváří celostmelenou vozovku. Vrstvy krytu z asfaltového betonu, podkladu z obalovaného kameniva a cementové stabilizace se můžou navrhnout v hloubkách podle přílehlých úseků vozovky na zemní pláni.

V současnosti se v zahraničí osvědčuje budování spřažené konstrukce vozovky v tunelech. Cementobetonová deska krytu v hloubce 19 cm až 20 cm je uložena na cementobetonovou podkladní vrstvu. Z hlediska mechaniky vozovek je únosnost podloží ve výlomu respektive po vyrovnaní výlomu cementovým betonem velmi vysoká. Modul pružnosti skalnatého podloží dosahuje hodnotu 5000 MPa.

3 Požadavky (normy) pro asfaltové vrstvy vozovek

Po dlouhé době příprav dne 1.3. 2008 nabyla v platnost soustava evropských norem včetně navazujících národních předpisů pro provádění a převzetí asfaltových vrstev. Dlouholeté úsilí o sjednocení norem se stává historickým milníkem pro takzvanou první generaci evropských norem. Vliv těchto norem má za následek řadu změn dotýkajících se všech subjektů působících v silničním stavitelství.

3.1 Vývoj a výhled evropské normy

Na začátku celého procesu zavedení evropských norem byla schůzka v Německém institutu pro normalizaci v Berlíně skupinou předních odborníků zabývajících se problematikou asfaltových technologií. Tím byl odstartován proces sjednocování pro první generaci evropských norem, který byl v květnu roku 2006 úspěšně završen vydáním norem výrobků pro asfaltové směsi v anglickém znění.

Celý proces sjednocování měl za cíl stanovit jednotnost zkušebních postupů pro celou Evropu, ale po čase se narazilo na úskalí vzájemného přesvědčování jednotlivých národních zástupců o jejich národních zkušebních metodách, které by pak měly být zavedeny pro celou Evropu. Tyto metody měly být zavedeny na základě dlouholetých zkušeností a ověřením z praxe. V konečném důsledku nebylo možno prokázat, která z používaných metod je nejvíce objektivní. Tím byl učiněn ústupek ve smyslu, že pokud nelze dosáhnout dohody, tak bude vypracována první generace norem, které budou zahrnovat více zkušebních postupů pro daný parametr, a dále na základě porovnávacích zkoušek se rozhodne, který ze zkušebních postupů je ten nejvhodnější.

To mělo za následek oddálení termínu zavedení evropských norem a nenaplnění původního mandátu uděleného Evropskou komisí.

V roce 2004 Evropská komise nastolila požadavek na urychlení sjednocení a stanovení co nejkratšího termínu pro konečné zavedení norem. Tento krok ze strany komise vyvolal nutnost okamžitého řešení, kdy bez porovnávacích zkoušek a na základě hlasování bylo rozhodnuto o jednotné metodě pro daný parametr. Hlavní změny tohoto rozhodnutí se pro Českou republiku projeví ve stanovení objemové hmotnosti nez hutněné asfaltové směsi metodou ve vodě než dříve používaného rozpouštědla a přestavbou vyjížděče na stanovení odolnosti proti trvalým deformacím dále s temperací zkušebních desek ve vzduchu místo používané vody se současnou změnou velikosti rozměrů desek a rychlostí pojezdu kola.

Než vyvstane potřeba revidovat současný soubor první generace evropských norem včetně národních příloh a dalších navazujících předpisů se bude dále pokračovat v normotvorném úsilí. Tím je myšleno, že evropská norma se neustále vyvíjí a přizpůsobuje praktickým požadavkům již s ohledem na předepsané revize po každých pěti letech. Evropský výbor pro normalizaci klade důraz na korektní implementaci norem na národních úrovních a to takovým způsobem, aby získaly celoevropský kredit. Nicméně se pár let hovoří o zavedení druhé generace evropských norem.

Předmětem norem druhé generace by podle převažujících názorů měl být přechod na funkční specifikace všech používaných asfaltových směsí, kde by požadavky pro jednotlivé asfaltové směsi měly být formulovány v jedné normě. Současný funkční způsob pro specifikaci je popsán v normě EN 13108-1 Asfaltový beton [1]. Věrnější způsob simulace vozovky jejího namáhání v laboratorních podmínkách ve vztahu k reálnému stavu vyjadřuje funkční způsob zkoušení asfaltových směsí. K takovým zkouškám patří zkouška únavových vlastností, modulu tuhosti, odolnosti proti trvalým deformacím v triaxální komoře a podobně. V případě, že se zavedou funkční požadavky bude odbourán z velké části požadavek na směs danou oborem zrnitosti, druhem a množstvím pojiva, protože tento způsob zkoušení směsi zjistí, zda je směs vhodná nebo nevhodná i s netradičně vedenou čarou zrnitosti.

Výhledově se počítá s další fází vývoje norem třetí generace, které budou posunuty na další úroveň, kde od funkčních požadavků na směs se bude orientovat na vrstvu nebo celou konstrukci vozovky. To znamená, že budou definovány požadavky na únosnost, trvanlivost a podobně bez toho aniž by se specifikovala skladba jednotlivých vrstev vozovky.

Očekávaný vývoj evropských norem

1. požadavek uživatele (jízdní komfort, bezpečnost, doba jízdy),
2. požadavek na konstrukci vozovky (pevnost, únosnost, trvanlivost),
3. funkční požadavky na vrstvu (drsnost, nerovnost povrchu, útlum hluku),
4. funkční vlastnosti směsi (odolnost proti únavě, trvalým deformacím, trhlinám),
5. požadavky na vstupní materiál - kamenivo, asfalt (složení směsi, zrnitost, mezerovitost, obsah asfaltu, vlastnosti asfaltu).

3.2 Zavedení evropské normy v České republice

Veškeré práce na přípravě norem byly řízeny akciovou společností Pragoprojekt a financovány prostředky ISPROFOND ve spolupráci se Sdružením pro výstavu silnic Praha. Původ znění evropské normy bylo v anglickém jazyce a vydáno roku 2006. V období 21 měsíců po vydání původní normy byly dopracovány překlady z angličtiny a vytvořily se národní přílohy v jednotlivých zemích s navazujícím ročním souběhem platnosti obou normových soustav. Národní příloha každé normy výrobku stanovuje jednotlivé parametry zkoušek a rozsah hodnot, ve kterých se produkt normy musí pohybovat dle národních zvyklostí a klimatických podmínek.

Z důvodu jednotnosti zpracování příloh k normě byla nejprve vypracována příloha k normě EN 13108-1 Asfaltový beton a podle tohoto zpracování byly dále vypracovány ostatní přílohy řady. Předtím než mohly být započaty normalizační úkoly v součinnosti s Českým normalizačním

institutem, bylo nutné zkorigovat pořízené překlady norem podle vydaného anglického znění. Celý tento proces byl ukončen dne 1.3. 2008, kdy byly zavedeny evropské standardy a jejich národních přílohy a zároveň zrušeny konfliktní národní předpisy.

4 Mastixový koberec – asfaltová směs

Z hlediska způsobu zpracování je mastixová asfaltová směs začleněna mezi hutněné asfaltové směsi, která se po rozprostření na vozovce hutní vhodným způsobem. Technologie hutnění bude prováděna takovým způsobem, kde kromě dodržení požadovaných jakostních parametrů jako například rovnost, drsnost povrchu a podobně bude dosažena předepsaná míra mezerovitosti a míra zhutnění.

Základní složkou hutněné směsi tvoří kamenivo. Asfaltový koberec mastixový je specifický tím, že má vysoký podíl drceného kameniva zpravidla přerušené zrnitosti, kde mezery kamenné kostry jsou z velké části vyplněny mastixem. Zpravidla mastix je asfaltová maltová, což je směs drobného kameniva s maximální velikostí zrna 2 mm a kamenné moučky, obalená asfaltem.

Mastixový koberec je určen převážně pro obrusné vrstvy, které jsou extrémně namáhány. To znamená, že se používá výhradně pro konstrukce silničních a dálničních vozovek. Po rozprostření a předepsaném zhutnění vytváří vodě nepropustný kryt vozovky.

4.1 Technické značení asfaltového koberce mastixového

Značení asfaltového koberce mastixového vychází z anglického názvu **stone mastic asphalt**. Podle toho názvu je v technické praxi označován jako **SMA D**, kde písmeno **D** představuje číslo velikosti oka horního síta nejhrubší použité frakce kameniva tzv. nominálního síta pro daný druh asfaltové směsi. Dále za písmenem **D** se vyskytují další symboly jako písmeno **S** nebo znak **+**. Symbol **S** označuje směs se zvýšenou odolností proti tvorbě trvalých deformací, nahrazující směs podle dřívějšího předpisu TP 109. Znak **+** zase označuje směs nahrazující kvalitativní třídu směsí I. třídy podle ČSN 73 6121. V případě, že se za písmenem **D** nevyskytuje žádný symbol jedná se o směsi nahrazující kvalitativní třídu směsí II. třídy podle ČSN 736121.

Příklad: Asfaltový koberec mastixový s velikostí maximálního zrna 11 mm, třídy dopravního zatížení I a silničním asfaltem 45/80, tloušťka vrstvy 45 mm, podle ČSN EN 13108-5.

SMA 11 S PMB 45/80-50; 45 mm; ČSN EN 13108-5

4.2 Přehled tloušťek jednotlivých vrstev asfaltové směsi

Zavedením evropské normy pro asfaltové směsi došlo ke změně označení směsí, ale zároveň nová norma stanovuje tloušťky vrstev pro jednotlivé směsi. Při návrhu jednotlivých konstrukčních vrstev podle katalogu TP 170 – Navrhování vozovek pozemních komunikací (listopad 2004) je u katalogových typů stanovena tloušťka 40 mm pro asfaltový koberec mastixový. Tato tloušťka je stejná pro všechny třídy dopravního zatížení. Takto stanovena tloušťka obrusné vrstvy není ekonomicky výhodná, a proto návrh celé skladby konstrukce vozovky by měl být podřízen tabulkovým hodnotám jednotlivých směsí asfaltového koberce mastixového.

Tab. 4.1. Převodní tabulka značení SMA včetně tloušťky vrstvy

Označení směsi		Tloušťky vrstev asfaltové směsi dle značení ČSN EN 13108- 5:2008 [mm]
ČSN EN 13108-5:2008	ČSN 736121:1994	
SMA 4 (asfaltový koberec mastixový s největší frakcí kameniva 4 mm, kvalitativní třída II)	AKMVJ I, II (asfaltový koberec mastixový s velmi jemnozrnným kamenivem, kvalitativní třída I, kvalitativní třída II)	15 - 30
SMA 5 (asfaltový koberec mastixový s největší frakcí kameniva 5 mm, kvalitativní třída II)	AKMVJ I, II (asfaltový koberec mastixový s velmi jemnozrnným kamenivem, kvalitativní třída I, kvalitativní třída II)	15 - 30
SMA 8 S (asfaltový koberec mastixový s největší frakcí kameniva 8 mm a se zvýšenou odolností proti trvalé deformaci)	AKMJ I – TP 109 (asfaltový koberec mastixový s jemnozrnným kamenivem, kvalitativní třída I podle TP 109)	25 - 40
SMA 8 + (asfaltový koberec mastixový s největší frakcí kameniva 8 mm kvalitativní třída I)	AKMJ I (asfaltový koberec mastixový s jemnozrnným kamenivem, kvalitativní třída I)	20 - 40
SMA 8 (asfaltový koberec mastixový s největší frakcí kameniva 8 mm kvalitativní třída II)	AKMJ II (asfaltový koberec mastixový s jemnozrnným kamenivem, kvalitativní třída II)	20 - 40
SMA 11 S (asfaltový koberec mastixový s největší frakcí kameniva 11 mm a se zvýšenou odolností proti trvalé deformaci)	AKMS I – TP 109 (asfaltový koberec mastixový se střednězrnným kamenivem, kvalitativní třída I podle TP 109)	35 - 45
SMA 11 + (asfaltový koberec mastixový s největší frakcí kameniva 11 mm kvalitativní třída I)	AKMS I (asfaltový koberec mastixový se střednězrnným kamenivem, kvalitativní třída I)	30 - 50
SMA 11 (asfaltový koberec mastixový s největší frakcí kameniva 11 mm kvalitativní třída II)	AKMS II (asfaltový koberec mastixový se střednězrnným kamenivem, kvalitativní třída II)	30 - 50
SMA 16 + (asfaltový koberec mastixový s největší frakcí kameniva 16 mm kvalitativní třída I)	AKMH I (asfaltový koberec mastixový s hrubozrnným kamenivem, kvalitativní třída I)	40 - 60
SMA 16 (asfaltový koberec mastixový s největší frakcí kameniva 16 mm kvalitativní třída II)	AKMH II (asfaltový koberec mastixový s hrubozrnným kamenivem, kvalitativní třída I)	40 - 60

Podle tab. 4.1. je zřejmé, že značení podle ČSN 736121:1994 byly pro asfaltový koberec mastixový kvalitativní třídy pouze dvě, ale v případě, že bylo zapotřebí stanovit směs s odolností proti trvalé deformaci, tak byly provedeny zkušební postupy podle TP 109, oproti běžným zkušebním metodám. Evropská norma ČSN EN 13108-5:2008 už stanovuje tři „kvalitativní“ třídy, kde na každou kvalitativní třídu jsou kladeny jiné normativní požadavky, ale řídí se stejným předpisem.

5 Složky asfaltové směsi mastixového koberce

Směs asfaltového koberce mastixového je tvořena především ze dvou základních složek. Hlavní a nejdůležitější složkou je kamenivo, které jak již bylo výše zmíněno tvoří nosnou kostru. Asfalt plní funkci pojiva, jehož vlastnosti mohou výrazně ovlivnit výslednou kvalitu směsi. Dále mohou být ve směsi použity přísady, jako jsou aditiva, která jsou nosičem asfaltu a vylepšují přilnavost asfaltu ke kamenivu. Vyvážený poměr jednotlivých materiálních složek nám zaručí výslednou kvalitu a zároveň bude plnit svou funkci v konstrukci vozovky po dobu své životnosti.

5.1 Kamenivo všeobecně

Kamenivo je přírodní nebo umělý zrnitý materiál anorganický určený pro stavební účely, jehož jednotlivé částice projdou kontrolním sítem se čtvercovými otvory. Zpravidla se kamenivo upravuje tříděním na jednotlivých sítích. Prosetá směs zrn různé velikosti v rozsahu dvou sítí, z nichž síto s menšími otvory zrna zadržuje a síto s většími zrna propouští, tvoří frakci. Takto separované kamenivo se v technické praxi označuje dvěma čísly (např. 8 – 16), přičemž první číslo v mm udává velikost čtvercového otvoru, který zrna zadrží a druhé číslo otvor síta, kterým zrna propadnou. Souhrn všech zrn zadržených horním sítem vyjádřený v procentech hmotnosti tvoří nadsítne a všechna zrna propadající dolním sítem tvoří podsítne. Kamenivo dělíme:

- a) podle objemové hmotnosti na:
 - hutné - objemová hmotnost: $2000 \geq \rho \leq 3000 \text{ kg.m}^{-3}$,
 - pórovité - objemová hmotnost: $\rho < 2000 \text{ kg.m}^{-3}$,
 - těžké - objemová hmotnost: $\rho > 3000 \text{ kg.m}^{-3}$;
- b) podle vzniku zrn na:
 - těžené - vznik přirozeným rozpadem horniny, kdy zrna jsou zaoblené přirozeným způsobem při transportu ve vodním toku,
 - drcené – získává se drcením kusového kamene nebo jiných anorganických látek,
 - těžené předrcené – kamenivo získané drcením zrn těžného kameniva nad 2 mm s podílem zrn nad 40% hmotnosti, kde konkrétní podíl drcených zrn je v daném rozmezí závislý na intenzitě drcení;
- c) podle původu na:
 - přírodní – kamenivo získané z přírodních ložisek hornin nebo horninových odpadů těžním nebo drcením, bez změny jejich minerálního a chemického složení,
 - umělé – kamenivo, které je záměrně vyrobeno nebo získáno z odpadů;
- d) podle velikosti zrn na:
 - drobné – zrna kameniva projdou kontrolním sítem se čtvercovými oky o velikosti 4 mm,
 - hrubé – kamenivo o velikosti zrna 4 až 125 mm
 - šterkopísek – přírodní směs těžného kameniva drobného i hrubého, omezená horním kontrolním sítem,
 - šterkodrt – směs drceného kameniva drobného i hrubého, omezena kontrolním sítem,
 - kamenná moučka – přírodní kamenivo s jemnými zrny získané postupným zdobňováním (drcením, granulováním, mletím) kameniva po předchozím odloučení škodlivých složek, propadající horním kontrolním sítem velikosti 0,125 mm,
 - výsivky – odpad z výroby drceného kameniva, bez zaručení ukazatelů jakosti kameniva a velikosti zrn.

Z hlediska asfaltových vozovek je důležitým třídícím znakem kameniva obsah SiO_2 a minerální složení kameniva, kdy podle množství podle chemického obsahu oxidu křemičitého se dělí kameniva na kyselé ($\text{SiO}_2 > 65\%$), neutrální (SiO_2 52 až 65%) a zásadité ($\text{SiO}_2 < 52\%$).

5.1.1 Požadavky na hrubé a drobné kamenivo

Podle definice evropské normy ČSN EN 13043 – Kamenivo pro asfaltové směsi a povrchové vrstvy pozemních komunikací, letištních a jiných dopravních ploch je:

- *hrubé kamenivo*, kde označení pro kamenivo, jehož zrna (D) jsou menší nebo rovna 45 mm a zrna (d) jsou větší nebo rovna 2 mm,
- *drobné kamenivo*, kde označení pro kamenivo, jehož zrna (D) jsou menší nebo rovna 2 mm, z nichž většina se zachytí na sítu 0,063 mm.

V rámci návrhu asfaltové směsi mastixového koberce jsou v normě ČSN EN 13108-5 stanovené přesné podmínky, které kamenivo musí splňovat, ale norma neuvádí veškeré podrobnosti. Právě norma ČSN EN 13043 stanovuje vlastnosti kameniva a fileru získaného zpracováním z přírodních, umělých, nebo recyklovaných materiálů.

Požadavky na geometrické vlastnosti

V požadavcích na geometrické vlastnosti je nutnost zkoušení a deklarování všech vlastností kameniva omezit a to podle konečného použití nebo původu kameniva.

Frakce kameniva

Každé kamenivo použité pro asfaltovou směs má různý podíl jednotlivých frakcí, ze kterých se stanovuje křivka zrnitosti. Frakce kameniva se stanovuje pomocí velikosti sít, která obsahuje základní řadu sít nebo základní řadu sít plus řadu 1 eventuálně 2. Dle normy ČSN EN 13043 není přípustná kombinace sít z řady 1 a řady. Podle poměru horního síta D k dolnímu sítu d, který nesmí být menší, než 1,4 se pak stanovuje frakce kameniva.

Tab. 5.1. Velikosti sít pro stanovení frakcí

Základní řada	0	1	2	4	-	-	8	-	-	-	-	16	-	-	31,5 (32)	-	-	63
Základní řada+řada 1	0	1	2	4	5,6 (5)	-	8	-	11,2 (11)	-	-	16	-	22,4 (22)	31,5 (32)	-	45	63
Základní řada+řada 2	0	1	2	4	-	6,3 (6)	8	10	-	12,5 (12)	14	16	20	-	31,5 (32)	40	-	63

Zrnitost

Zkouškou zrnitosti se stanovují hmotnostní podíly jednotlivých frakcí kameniva, které jsou graficky znázorněny v křivce zrnitosti. Pro návrh mastixového koberce je důležité především do jaké kategorie bude dané kamenivo zařazeno. Podle uvedené tab. 5.2. je podle křivky zrnitosti stanovena kategorie kameniva, která je označována písmenným znakem G. Podle dolního indexu, pak rozlišujeme drobné kamenivo, hrubé kamenivo a směs kameniva.

Tab. 5.2. Všeobecné požadavky na zrnitost

Kamenivo	Velikost [mm]						Kategorie G
		2 D	1,4 D	D	d	d/2	
hrubé	D > 2	100	100	90 až 99	0 až 10	0 až 2	G _C 90/10
		100	98 až 100	90 až 99	0 až 15	0 až 5	G _C 90/15
		100	98 až 100	90 až 99	0 až 20	0 až 5	G _C 90/20
		100	98 až 100	85 až 99	0 až 15	0 až 2	G _C 85/15
		100	98 až 100	85 až 99	0 až 20	0 až 5	G _C 85/20
		100	98 až 100	85 až 99	0 až 35	0 až 5	G _C 85/35
drobné	D ≤ 2	100	-	85 až 99	-	-	G _F 85
směs kameniva	D ≤ 45 a d = 0	100	98 až 100	90 až 99	-	-	G _A 90
		100	98 až 100	85 až 99			G _A 85

V případě, že síta, kalkulovaná jako 1,4D a d/2, neodpovídají přesným velikostem sít v ISO 565:1990, série R20, musí se použít nejbližší velikost síta. Pokud procento zachycené na horním sítu D je < 1% hmotnosti, musí výrobce dokumentovat a deklarovat typickou zrnitost včetně sít D, d, d/2 a sít v základní řadě plus řada 1 nebo v základní řadě plus řada 2 nacházející se mezi d a D. U hrubého kameniva jednotné frakce d/D, kde D/d < 2, kategorií G_C85/15, G_C85/20 a G_C85/35, může být % hmotnosti propadu sítem D sníženo o 5% podle určeného použití nebo konečného použití.

Tolerance pro zrnitost hrubého kameniva drobného kameniva

V případě, že se pro konečný výrobek požaduje tříděné hrubé kamenivo frakce d/D, kde D ≥ 2d, pak se musí pro propad středním sítem v % hmotnosti uplatnit požadavky podle tab. 5.3. Výrobce pak následně musí dokumentovat a deklarovat typickou zrnitost, která propadne sítem střední velikosti a tolerance do příslušné kategorie.

U drobného kameniva a směs kameniva 0/D se musí splnit všeobecné požadavky, ale dodatečné požadavky musí být použity pro řízení variability drobného kameniva 0/D s D ≤ 8 mm. Každopádně stejně jako u hrubého kameniva musí výrobce dokumentovat a deklarovat typickou zrnitost pro každou frakci drobného kameniva.

Tab. 5.3. Celkové mezní hodnoty a tolerance pro zrnitost hrubého kameniva síty střední velikosti

D/d	Síto střední velikosti [mm]	Celkové mezní hodnoty a tolerance propad zrn v % hmotnosti		Kategorie G
		Celkové mezní hodnoty	Tolerance u typické zrnitosti deklarované výrobcem	
< 4	D/1,4	25 až 80	± 15	G _{25/15}
		20 až 70	± 15	G _{20/15}
≥ 4	D/2	20 až 70	± 17,5	G _{20/17,5}
bez požadavků				G _{NR}

Tab. 5.4. Tolerance pro typickou zrnitost drobného kameniva a směsi kameniva 0/D s $D \leq 8$ mm deklarované výrobcem

Velikost síta [mm]	D	D/2	0,063	Kategorie G_{TC}
Tolerance Propad zrn v % hmotnosti	± 5	± 10	± 3	G_{TC10}
	± 5	± 20	± 3	G_{TC10}
	bez požadavků	bez požadavků	bez požadavků	G_{TCNR}

Požadavky na jemné částice

V případě, že se ve směsi požaduje obsah jemných částic je zapotřebí jej vyjádřit podle příslušné kategorie. V rámci této práce jsou pro názornost uvedeny v tab. 5.5. maximální hodnoty obsahu jemných částic kameniva podle příslušné kategorie.

Tab. 5.5. Kategorie pro maximální hodnoty obsahu jemných částic

Kamenivo	Propad zrn sítem 0,063 mm v % hmotnosti	Kategorie f
hrubé	$\leq 0,5$ ≤ 1 ≤ 2 ≤ 4 > 4	$f_{0,5}$ f_1 f_2 f_4 $f_{\text{deklarovaná}}$
	bez požadavků	f_{NR}
drobné	≤ 3 ≤ 10 ≤ 16 ≤ 22 > 22	f_3 f_{10} f_{16} f_{22} $f_{\text{deklarovaná}}$
	bez požadavků	f_{NR}

Může se vyskytnout případ, kdy obsah jemných částic v drobném kamenivu nebo ve směsi kameniva 0/D s $D \leq 8$ mm není větší než 3%, tak podle normy ČSN EN 13043 se nevyžaduje další zkoušení. Pokud nastane případ, kdy obsah jemných částic v drobném kamenivu je v intervalu 3% až 10% hmotnosti, musí se obsah nevhodných jemných částic ve frakci 0/0,125 stanovit jako hodnota methylenové modři dle EN 933-9. Takto stanovená hodnota methylenové modři musí být deklarována podle příslušné kategorie uvedené v tab. 5.6.

Existuje výjimka, kdy podle normy ČSN EN 13043 je obsah jemných částic větší než 3% hmotnosti a existuje dokumentovaný důkaz o uspokojivém použití, není zapotřebí dalšího zkoušení.

Tab. 5.6. Kategorie pro maximální hodnoty methylenové modře

Hodnota MB_F g/kg	Kategorie MB_F
-	MB_{FNT}
≤ 10	MB_{F10}
≤ 25	MB_{F25}
> 25	$MB_{F\text{deklarovaná}}$
bez požadavků	MB_{FNR}

Tvar zrna hrubého kameniva

Pokud je požadován tvar zrn hrubého kameniva, musí se určit jako index plochosti, který se stanoví podle normy EN 933-3. Index plochosti je referenční zkouškou pro stanovení tvaru zrn hrubého kameniva a musí se deklarovat pro příslušné kategorie uvedené v normě ČSN EN 13043.

Příklad: Pokud je index plochosti ≤ 10 , pak je zařazení do kategorie FI₁₀. V případě, že index plochosti bude > 50 spadá do kategorie FI_{deklarovaná}.

V případě, že se bude požadovat tvarový index kameniva. Bude provedena zkouška dle EN 933-4 a následně se kamenivo zařadí do příslušné kategorie dle ČSN EN 13043.

Příklad: Tvarový index kameniva je ≤ 35 , pak tomuto výsledku náleží zařazení do kategorie SI₃₅. V případě, že tvarový index bude > 50 spadá do kategorie SI_{deklarovaná}.

Norma EN 933-4 stanovuje metodiku určení tvarového indexu pro hrubé kamenivo, kdy tato metodika je používána jak pro přírodní, tak i pro umělé kamenivo včetně pórovitého. Postup, který je v této normě uveden se doporučuje pro kameniva s frakcí d_i/D_i , kde $D_i \leq 63$ mm a $d_i \geq 4$ mm.

Podstatou samotné zkoušky je stanovení tvarového indexu, který je určen jako hmotnostní podíl zrn, kde jejich poměr rozměrů L/E je větší než hodnota 3 a vyjádří se jako procento z celkové navážky zkoušených zrn.

Postup je takový, že z dané navážky zkoušeného kameniva se jednotlivá zrna roztrídí na základě jejich poměru délky L ke tloušťce E pomocí dvoučelistového posuvného měřítka.

V rámci objektivnosti výsledku norma stanovuje nejmenší hmotnost zkušební navážky.

Nejmenší hmotnosti zkušebních navážek:

- pro velikost horního zrna 63 mm – min. hmotnost navážky je 45,0 kg
- pro velikost horního zrna 32 mm – min. hmotnost navážky je 6,0 kg
- pro velikost horního zrna 16 mm – min. hmotnost navážky je 1,0 kg
- pro velikost horního zrna 8 mm – min. hmotnost navážky je 0,1 kg

Pokud máme jinou horní velikost zrna, tak se hmotnosti dílčích navážek interpolují z uvedených hodnot.

Procentní podíl ostrohranných zrn v hrubém kamenivu

Podíl ostrohranných zrn v hrubém kamenivu, včetně drcených zrn může mít v rámci návrhu asfaltových směsí negativní vliv. Z tohoto důvodu je zapotřebí stanovit jeho množství a zatřídit do správné kategorie. Zkouška pro stanovení podílu ostrohranných zrn se provádí podle normy ČSN EN 933-5.

Tab. 5.7. Kategorie pro procentuální podíl ostrohranných zrn

% hmotnosti drcených nebo ostrohranných zrn	% hmotnosti drcených nebo částečně ostrohranných zrn	% hmotnosti oblých zrn	Kategorie C
90 – 100	100	0	C _{100/0}
30 – 100	95 – 100	0 – 1	C _{95/1}
30 – 100	90 – 100	0 – 1	C _{90/1}
-	50 – 100	0 – 10	C _{50/10}
-	50 – 100	0 – 30	C _{50/30}
-	< 50	> 30	C _{deklarovaná}
bez požadavků	bez požadavků	bez požadavků	C _{NR}

Geometrický tvar drobného kameniva

V případě, že bude v rámci návrhu asfaltové směsi požadavek na geometrický tvar drobného kameniva, pak bude provedena zkouška podle kapitoly 8 dle ČSN EN 933-6:2001. Výsledky měření budou porovnány dle ČSN EN 13043 a následně bude provedeno zatřídění do příslušné kategorie. Obecné označení geometrického tvaru drobného kameniva se provádí písemným znakem E_{CS} .

Příklad: Pokud dle zkoušky bude součinitele tekutosti ≥ 38 , pak náleží drobné kamenivo do kategorie E_{CS38} .

Požadavky na fyzikální vlastnosti

Fyzikální vlastnosti kameniva zpravidla zajistí životnost vrstvy, respektive celé konstrukce vozovky v rámci celkového složení asfaltové směsi. V neposlední řadě přispívají fyzikální vlastnosti kameniva k celkové bezpečnosti provozu na pozemních komunikacích z hlediska obrusné vrstvy.

Nutnost deklarování všech vlastností je omezeno podle určeného nebo konečného použití nebo původu kameniva. Pokud se pro požadovanou asfaltovou směs požaduje stanovit fyzikální vlastnosti, musí se provést patřičné zkoušky, na jejichž základě se opět stanovují kategorie, do kterých je kamenivo zařazeno.

Odolnost proti drcení

Tato odolnost proti drcení se prokazuje zkouškou podle kapitoly 5 EN 1097-2:1998 součinitelem Los Angeles. Tato zkušební metoda Los Angeles se použije jako referenční zkouška na jejím základě je kamenivo zařazeno do kategorie s písemným označením LA.

Příklad: součinitel Los Angeles ≤ 25 , pak je zařazení do kategorie LA₂₀. V případě, že součinitel Los Angeles bude > 50 spadá do kategorie LA_{deklarovaná}.

Pokud je vyžádána odolnost proti drcení rázem, která je stanovena podle kapitoly 6 EN 1097-2:1998 je kamenivo zařazeno do kategorie s označením SZ, kde dolní index je závislý podle výsledku zkoušky.

Ohladitelnost hrubého kameniva pro povrchové vrstvy

Tento požadavek na kamenivo je předepsán zkouškou podle EN 1097-8 a provádí se pouze v případě, že je zapotřebí stanovit hodnotu ohladitelnosti PSV v rámci návrhu receptury asfaltové směsi. Po získání hodnoty PSV je zapotřebí její deklarování do příslušné kategorie jako v předešlých případech.

Příklad: hodnota PSV ≥ 56 , pak je zařazení do kategorií PSV₅₆. V případě, že hodnota PSV bude menší, než 40 spadá do kategorie PSV_{deklarovaná}.

Obrusnost kameniva

Hodnota obrusnosti kameniva se stanovuje v případě, že je vyžadována. Obrusnost kameniva se opět musí deklarovat do příslušné kategorie dle hodnoty obrusnosti, která je stanovena podle přílohy A EN 1097-8:1990.

Příklad: hodnota obrusnosti ≤ 20 , pak je deklarováno kamenivo do kategorie AAV₂₀. V případě, že hodnota obrusnosti > 20 bude deklarováno do kategorie AAV_{deklarovaná}.

Odolnost proti otěru hrubého kameniva

Odolnost otěru se stanovuje podle EN 1097-1 na základě součinitele mikro-Deval, který se musí opět deklarovat podle příslušné kategorie uvedené v tabulce normy ČSN EN 13043. Tato zkouška kameniva se provádí, pokud je zapotřebí v rámci receptury asfaltové směsi požadovaná hodnota mikro-Deval.

Příklad: mikro-Deval ≤ 20 , pak je deklarováno kamenivo do kategorie M_{DE20} . V případě, že hodnota obrusnosti > 35 bude deklarováno do kategorie $M_{DEdeklarovaná}$.

Odolnost kameniva proti obrusu pneumatikami s hroty

Jedna z další řady zkoušek, které se neprovádějí standardně, ale pouze pokud je požadována. Odolnost proti obrusu pneumatikami s hroty (Nordic abrasion value neboli hodnota nordického otěru) se stanovuje podle normy EN 1097-9, kdy se musí deklarovat do příslušné kategorie. Kategorie pro maximální hodnoty odolnosti proti obrusu pneumatikami s hroty jsou uvedeny v normě ČSN EN 13043.

Příklad: nordická hodnota obrusu ≤ 19 , pak je deklarováno kamenivo do kategorie A_N19 . V případě, že hodnota nordického obrusu je > 30 bude kamenivo deklarováno do kategorie $A_{Ndeklarovaná}$.

Objemová hmotnost zrn, nasákavost a sypná hmotnost

Objemová hmotnost zrn se stanovuje podle kapitoly 7, 8 nebo 9 EN 1097-6:2000, podle velikosti kameniva, kde výsledky je potřebné deklarovat podle tabulky uvedené v normě ČSN EN 13043.

Nasákavost kameniva je množství vody, které pojme kamenivo za podmínek zkoušky. Udává se v procentech hmotnosti vysušeného kameniva. Zkouška se stanovuje podle kapitoly 7, 8 nebo 9 EN 1097-6:2000 v závislosti na velikosti kameniva a opět je výsledky zapotřebí deklarovat.

Sypná hmotnost se stanovuje dle EN 1097-3, kde se výsledky musí opět deklarovat do příslušné kategorie. Zkouška sypné hmotnosti se provádí, pouze pokud je vyžadována.

Trvanlivost

Zkoušky, které jsou pro trvanlivost kameniva stanoveny předepisuje norma ČSN EN 13043, kde podle příslušné zkoušky je zapotřebí hodnoty zkoušky deklarovat do příslušné kategorie.

Tab. 5.8. Zkoušky pro trvanlivost kameniva včetně určení zkušebních metod

vlastnost	zkušební metoda	označení kategorie
nasákavost jako orientační zkouška pro odolnost proti rozmrazání a rozmrazování	kap. 7 EN 1097-6:2000 příloha B EN 1097-6:2000	WA_{241} WA_{242} $W_{cm0,5}$
odolnost proti zmrazování a rozmrazování	EN 1367-1:1990 EN 1367-2	F MS
odolnost vůči tepelným šokům	EN 1367-5	-
afinita mezi hrubým kamenivem a asfaltovým pojivem	EN 12697-11:2000	-
„Sonnenbrand“ čediče (rozpadavý čedič, žárová metamorfóza)	EN 1367-3 EN 1097-2	SB

Požadavky na chemické vlastnosti

Chemické vlastnosti kameniva mohou negativně ovlivnit výsledné vlastnosti asfaltové směsi. Nutnost zkoušení a deklarování všech vlastností je omezeno podle určeného nebo konečného použití nebo původu kameniva. Pokud se požaduje hodnota určené vlastnosti, která není definována stanovenými mezními hodnotami, má tuto hodnotu deklarovat výrobce jako kategorii $X_{\text{deklarovaná}}$. V případě, že se nějaká vlastnost nepožaduje, tak se použije kategorie „bez požadavků“. Vhodné kategorie pro určené použití lze nalézt v národních předpisech platných v místě použití kameniva.

Při použití recyklovaných materiálů se může dodatečně vyžadovat podrobnější zkoušení svých chemických vlastností, protože materiál, který byl recyklován, mohl být před recyklací používán zcela odlišnými způsoby.

Pokud je požadováno chemické složení v kamenivu stanovuje se a popíše podle EN 932-3 a výsledku se deklaruje.

Tab. 5.9. Zkoušky stanovení chemických vlastností včetně zkušebních metod

vlastnost	zkušební metoda	označení kategorie
hrubé organické znečišťující látky	EN 1744-1:1998	m_{LPC}
rozpad křemičitanu vápenatého ve vzduchem ochlazené vysokopeční strusce	čl. 19.1 EN 1744-1:1998	-
rozpad železa ve vzduchem ochlazené vysokopeční strusce	čl. 19.2 EN 1744-1:1998	-
objemová stálost kameniva z ocelářské strusky	čl. 19.3 EN 1744-1:1998 EN 196-2:1994	-

5.1.2 Požadavky na filer jako kamenivo

Vlastnosti fileru v asfaltovém koberci mastixovém mohou výrazně ovlivnit konečné vlastnosti. Je důležité věnovat této složce v asfaltové směsi pozornost a dodržovat požadavky na něj kladené.

Nutnost zkoušení a deklarování všech vlastností je omezeno podle určeného nebo konečného použití nebo původu kameniva.

Pokud je požadována hodnota určené vlastnosti, která není definována mezními hodnotami, má tuto hodnotu deklarovat výrobce. V případě, že není požadována jedná z vlastností, tak se uvádí kategorie „bez požadavků“. V platných národních předpisech lze nalézt pokyny pro volbu vhodných kategorií pro určené použití a podle místa použití kameniva. V rámci této práce jsou pro názornost uvedeny v tab. 5.10. zkoušky fileru a označení kategorie.

Tab. 5.10. Zkoušky vlastností fileru včetně označení kategorií

požadavky	vlastnost	zkušební metoda	označení kategorie
geometrické vlastnosti	zrnitost	EN 933-10	-
	nevhodné jemné částice	EN 933-9	MB _F
fyzikální vlastnosti	obsah vody	EN 1097-5	není
	měrná hmotnost zrn	EN 1097-7	-
ztužující vlastnosti	mezerovitost suchého fileru (Rigden)	EN 1097-4	V
	„delta kroužek a kulička“ fileru pro asfaltové směsi	EN 13179-1	Δ _{R&B}
chemické vlastnosti	rozpustnost ve vodě	kap. 16 EN 1744-1:1998	WS
	citlivost na vodu	PrEN 1744-4:2001	-
	obsah uhličitánů ve vápencovém fileru	EN 196-21	CC
	obsah hydroxidu vápenatého ve směsném fileru	EN 459-2	Ka

Pro návrh receptury mastixového koberce je jednou ze základních zkoušek posouzení jemných částic zkouškou methylenovou modří podle ČSN EN 933-9. Touto normou je určen postup pro stanovení hodnoty MB (methylenová modř) pro frakci 0/2 mm u drobného kameniva nebo šterkopísku. Pro frakci 0/0,125 mm je pak v příloze A normy určený postup, který stanoví hodnotu MB_F.

Princip samotné zkoušky je založen na tom, že do suspenze zkušební navážky s vodou se postupně přidává roztok methylenové modře a s každým přidáním roztoku methylenové modře se zkouší zbarvení filtračního papíru ke zjištění přítomnosti nevázaného barviva. V případě, že je potvrzena přítomnost nezávaného barviva, tak se vypočte hodnota MB nebo MB_F, která se vyjádří v gramech barviva absorbovaném jedním kilogramem zkoušené frakce.

Filer na rozdíl hrubého kameniva je problematičtější materiál z hlediska výroby, a proto podle ČSN EN 13043 jsou na něj kladeny požadavky z hlediska jednotnosti výroby.

Tab. 5.11. Typy zkoušek pro posouzení ostatních vlastností fileru

požadavek	zkušební metoda	poznámka
„asfaltové číslo“ přídavného fileru	PrEN 13179-2	nutnost deklarování; označení kategorie BN
ztráta žíháním popílků	kap. 17 EN 1744-1:1998 čl. 7.4 EN 196-2:1994	rozsah deklarovaný výrobcem nesmí být > 6% hmotnosti
měrná hmotnost přídavného fileru	EN 1097-7	rozsah deklarovaný výrobcem nesmí být > 0,2 Mg/m ³
sypná hmotnost volně sypaného přídavného fileru v petroleji	Příloha B EN 1097-3:1998	rozsah deklarovaný výrobcem musí být v rozmezí 0,5 – 0,9 Mg/m ³
zkouška podle Blaina	EN 196-6	rozsah deklarovaný výrobcem nesmí být > 140 m ² /kg

5.2 Asfaltové pojivo

Asfaltová pojiva se nazývají směsi přírodních uhlovodíků a jejich nekovových derivátů, které mohou být plynné, kapalné, viskózní nebo tuhé, ale jsou vždy úplně rozpustné v sirouhlíku. Asfalt můžeme považovat za koloidní systém, v jehož uzavřené olejové fázi je jemně rozptýlena pevná fáze (asfalteny). Podle chemického hlediska je asfalt směs vysokomolekulárních uhlovodíků obsahující vedle vodíku a uhlíku v menší míře i síru, kyslík, dusík a některé kovy a mechanické nečistoty. Pro praktické využití se stanovuje skupinové složení asfaltu, kterým se vyjadřuje kvantitativní zastoupení uhlovodíkových skupin (asfalteny, malteny, asfaltové a olejové pryskyřice, parafíny).

Modifikované asfalty se liší od běžných tím, že jsou do nich v malém množství přidávány modifikační přísady, které zlepšují důležité reologické vlastnosti základního materiálu. Zpravidla to bývají organické, obvykle makromolekulární látky, které ovlivní tyto reologické vlastnosti jako:

- přilnavost asfaltu ke kamenivu,
- koheze, soudržnost a lepivost i za vyšších teplot,
- odolnost proti vzniku trvalých deformací a účinkům opakovaného namáhání,
- teplotní citlivost a křehkost v oblasti nízkých teplot,
- bod měknutí a plastický stav asfaltu,
- náchylnost na stárnutí.

Nejčastější modifikační přísady bývají jednosměrné polymery na bázi elastomerů nebo plastomerů. Mezi elastomery patří termoplastický kaučuk typu SBS (styren butadien styren). Orientační množství modifikační přísady je závislé na druhu asfaltu a pohybuje se cca v intervalu 2% až 10% hmotnosti asfaltu. Plastomery nepolárního charakteru lze přidávat do ropného asfaltu v množství přibližně 2% až 5% hmotnosti. Mezi typické plastomerní přísady patří EVA (etylenvinylacetát). Vlastnosti asfaltu lze upravit přidáním polyethylenu, polypropylenu, drcené odpadní pryže popř. různých typů přírodních nebo umělých vosků.

5.2.1 Zkoušky asfaltového pojiva

Tím, že v asfaltové směsi SMA plní asfalt funkci pojiva, tak jeho vlastnosti mohou výrazně ovlivnit celkovou kvalitu vozovky. V případě, že by asfalt nebyl schopen plnit některé ze základních požadavků na něj kladených, vedlo by to k poruchám, které by se promítly do nákladných oprav a problému s tím spojených. Proto každý asfalt, který bude použit v asfaltové směsi musí být podroben řadou zkoušek.

Stanovení přilnavosti asfaltových pojiv ke kamenivu podle ČSN 73 6161

Pro asfaltovou směs SMA je jednou z důležitých zkoušek přilnavost silničního asfaltu ke kamenivu. Norma ČSN 73 6116 platí pro silniční asfalty s penetrací v intervalu od 15x0,1 mm do 210x0,1 mm, ředěné asfalty a asfaltové emulze.

Vlastnost jako je přilnavost pojiva ke kamenivu ovlivňuje jakost a životnost asfaltových směsí. Rovněž může být měřítkem účinnosti adhezní přísady, která způsobuje lepší přilnavost pojiva ke kamenivu. Přilnavosti pojiva k vlhkému kamenivu je dobrou známkou jeho využití ve vlhkém prostředí.

Pro posouzení přilnavosti asfaltového pojiva se používá granodiorit o frakci 8/16. U ostatních případů se zkouška přilnavosti provádí na konkrétním kamenivu, které bude použito v asfaltové směsi.

Zkouška přilnavosti je prakticky rozčleněna do dvou fází. V první fázi se umyté a vysušené frakce 8/16 ohřeje na předepsanou teplotu a následně obalí asfaltovým pojivem, které je rovněž zahřáto na předepsanou pracovní teplotu. Takto obalené kamenivo se uloží do skleněné misky

a ponechá nezakryté po dobu 24 hodin při laboratorní teplotě. Ve druhé fázi se po 24 hodinách na obalené kamenivo nalije destilovaná, která je ohřátá na teplotu obnažovací vody a následně se vzorek opět uloží do vodní lázně na dobu 60 minut. Po uplynutí předepsané doby se míra porušení asfaltového povlaku vyhodnotí vizuálně, kde měřítkem je tabulka se schematickým vykreslením, jak je zrno kameniva obalené asfaltem.

Podle tabulky se schémata obalenosti zrn kameniva je výstupem zkoušky procentuální obalení plochy zrna kameniva.

Vratná duktilita modifikovaných asfaltů dle ČSN EN 13398

U modifikovaných asfaltových pojiv, která se používají zejména v klimaticky více zatížených oblastech je předepsaná zkouška pro stanovení duktility v duktilometru při předepsané teplotě. Tato zkouška se zejména používá u silničních asfaltových pojiv s termoplastickými elastomery, ale není to podmínkou. Mohou se zkoušet i další asfaltová pojiva s malou elasticitou.

Podstatou zkoušky je protažení zkušebního asfaltového tělíska při teplotě 25 °C konstantní rychlostí 50 mm/min na stanovené prodloužení. Tímto způsobem získáme vlákno, které se v polovině přestřihne, aby se dostaly dvě poloviny tzv. polovlákná, u kterých se po uplynutí stanovené doby pro navrácení měří zkrácení vláken a vyjádří se jako procento z délky prodloužení.

Samotný postup zkoušky je takový, že se naplněné a seříznuté formy temperují po dobu 90 minut při zkušební teplotě. Následně se odstraní boční části forem a zkušební asfaltové tělísko se umístí na vodící desky. Při teplotě 25 °C $\pm 0,5$ °C se vzorky protahují při již uvedené rychlosti 50 mm/min $\pm 2,5$ mm/min na prodloužení 200 mm ± 1 mm. Pak do 10 sekund od zastavení duktilometru se vlákna nůžkami přestřihnou. Po 30 minutách od přestřižení se páry asfaltových polovláken změří mezi konci pravítkem a vyjádří v mm.

Koheze asfaltových pojiv zkouškou kyvadlem dle ČSN EN 13588

Soudržnost asfaltového pojiva je rovněž jednou z vlastností, které se musí zkoušet. Metoda pro měření koheze je určena normou ČSN EN 13588, kdy se asfaltová pojiva zkouší při teplotě v intervalu -20 °C až 80 °C. Normativní metoda je použitelná pro modifikované asfalty, čisté asfalty a ředěné asfalty. U ředěných asfaltů může být zkouška provedena s pojivem, které obsahuje fluxovadlo nebo pojivo, ze kterého bylo fluxovadlo odstraněno.

Zkouška je založena na jednoduchém principu spočívající v nárazu kyvadla na ocelovou krychli o hraně 10 mm, která je fixována k ocelové podstavě vrstvou pojiva o tloušťce 1 mm. Podstava se ohřívá na zkušební teplotu a na krychli narazí kyvadlo, které se úderem odrazí. Energie, která je pojivem absorbována se vypočte z úhlu odražení, jakým se kyvadlo pohybovalo. Celé měření musí být prováděno v rozsahu minimálně šesti teplot a musí zahrnovat teplotu při, které je dosažena maximální koheze.

Tažné vlastnosti modifikovaných asfaltů metodou silové duktility dle ČSN EN 13589

Další zkouška, která stanovuje tažné vlastnosti asfaltových pojiv a je především určena pro polymerem modifikované asfalty.

Hlavním principem zkoušky, která se provádí na originálním nebo zbytkovém asfaltovém pojivu spočívá v přetržení tvarovaného tělíska, které se protahuje v duktilometru při zkušební teplotě konstantní rychlostí do přetržení anebo do protažení minimálně 1333% délky zkušební tělíska.

Zkouška se provádí na zkušebních těliscích, které vznikají ve formě, která je vytemperovaná na zkušební teplotu. Následně se tělísko přenesení do protahovacího zařízení a z formy se odstraní bočnice. Tělísko se protahuje při zkušební teplotě 5 °C $\pm 0,5$ °C rychlostí 50 mm/min $\pm 2,5$ mm/min až na protažení 1333%. Zkouška, kde dojde ke křehkému lomu se opakuje. Pokud se i druhé tělísko zlomí, zvýší se teplota o 5 °C. V případě, že i u druhého tělíska dojde ke křehkému lomu zvyšuje se

teplota po 5 °C, dokud není zkouška bez křehkého lomu.

Deformační energie se vypočítá podle ČSN EN 13703, kdy deformační energie E_i je stanovena ze záznamu tahových křivek, které se získají podle ČSN EN 13589 výpočtem ohraničené plochy zaznamenanou křivkou, kdy na svislé ose je síla a na vodorovné ose je protažení. Hodnoty zkoušky silové duktility se pak vyjadřují jako rozdíl smluvní energie příslušné k dvěma bodům protažení. A to k 200 mm a 400 mm.

Stanovení penetrace jehlou podle ČSN EN 1426

Pro stanovení konzistence asfaltu a asfaltových pojiv je předepsána zkouška penetrací jehlou. Pro běžný postup je pro penetraci do 330x0,1 mm. U penetrace nad 330x0,1 mm do 500x0,1 mm je zapotřebí jiných zkušebních podmínek.

U této zkoušky se měří průnik normalizované jehly do vytemperovaného analytického vzorku. V prvním případě pro penetraci do 300x0,1 mm je teplota 25 °C, zatížení jehly 100 g a doba zatížení 5 sekund. Ve druhém případě je zkušební teplota 15 °C, ale další zkušební podmínky zůstanou ponechány.

Zkouška se je prováděna přístroji zvaném penetrometr, který se skládá z vřetena, stupnice, držáku jehly, uvolňovacího zařízení, 50 g závaží, jehly včetně koncovky, přemísťovací misky s plochým dnem, nádoby se zkušebním vzorkem, podkladní desky a stavěcím šroubem.

Stanovení bodu měknutí metodou kroužek a kulička podle ČSN EN 1427

Klasická zkouška, která určuje bod měknutí asfaltu. Provádí se zejména pro asfalty a asfaltová pojiva v teplotním intervalu od 28 °C do 150 °C.

Zkouší se dva kotoučky asfaltového pojiva, které jsou odlité v mosazných kroužcích. Ty jsou osazeny ve zkušebním zařízení, kde se zahřívají řízenou rychlostí v kapalinové lázni. Na každém asfaltovém kotoučku jsou položeny ocelové kuličky. Bod měknutí je průměrná teplota, kdy dva kotoučky změknou do takové fáze, že jimi ocelové kuličky propadnou o vzdálenost $25,0 \pm 0,4$ mm.

Urychlené dlouhodobé stárnutí v tlakové nádobě pro stárnutí PAV dle ČSN EN 14769

Stárnutí asfaltu se výrazně projevuje v životnosti asfaltové směsi a tím konstrukce vozovky. Proto je nezbytné, aby asfaltová pojiva byla podrobena tímto typem zkoušky.

Podle evropské normy postup zkoušky spočívá v uchování misek s asfaltovým pojivem v tlakové nádobě pro stárnutí s označení PAV při zvýšené teplotě a tlaku.

Principem této zkušební metody je zahřívání tenké nepohyblivé vrstvy asfaltového pojiva při stanovené teplotě a tlaku po určenou dobu. Tímto se simulují změny, ke kterým dochází během užívání vozovky. Vliv stárnutí se pak posuzuje na zbytkovém pojivu po ukončení zkoušky v PAV.

Pro čistá asfaltová pojiva jsou stanoveny podmínky, že teplota je 90 °C, tlak $2,1 \pm 0,1$ MPa a doba stárnutí 20 hodin. U stabilizovaných pojiv z asfaltových emulzí jsou podmínky takové, že teplota je 85 °C, tlak $2,1 \pm 0,1$ MPa a doba stárnutí je 65 hodin.

6 Návrh a zkoušení směsi asfaltového koberce mastixového

Návrh směsi asfaltového koberce mastixového je založen na zvolení optimálního poměru složek kameniva (čára zrnitosti) a asfaltu (množství pojiva). Návrh směsi se řídí evropskou normou ČSN EN 13108-5 Asfaltové směsi – Specifikace pro materiály – část 5: Asfaltový koberec mastixový. Tato norma stanovuje požadavky na recepturu směsi a zkoušky, kterými bude asfaltová směs podrobena. V případě, že nebude splněn některý z požadavků normy, pak je taková směs nevhodná pro použití v silničním stavitelství. Pro tuto práci jsou v tab. 6.1. uvedeny požadavky, které jsou kladeny na asfaltovou směs mastixového koberce.

Tab. 6.1. Požadavky na vlastnosti asfaltového koberce mastixového

typ	S		+							
Označení směsi SMA	8 S, 11 S		8 +, 11 +, 16 +			5, 6, 8, 11, 16				
Počet úderů Marshallova pěchu	2 x 50									
Všeobecné požadavky										
	SMA 8 S	SMA 11 S	SMA 8 +	SMA 11 +	SMA 16 +	SMA 4	SMA 5	SMA 8	SMA 11	SMA 16
22,4	-	-	-	-	100	-	-	-	-	100
16	-	100	-	100	90-100	-	-	-	-	90-100
11,2	100	90-100	100	90-100	50-75	-	-	100	90-100	48-77
8	90-100	45-60	90-100	45-70	35-60	-	100	90-100	45-70	35-58
5,6	-	-	-	-	-	100	90-100	-	-	-
4	28-42	26-38	26-48	26-42	24-40	90-100	-	26-48	26-42	24-40
2	20-30	20-28	20-32	20-30	18-28	30-42	26-40	20-32	20-30	18-28
0,125	9-15	9-15	9-16	9-16	9-15	9-18	9-18	9-16	9-16	9-15
0,063	8-12	8-12	7-12	7-12	7-11	7-12	7-12	7-12	7-12	7-11
Minimální mezerovitost V _{min} [%]	3,0 (2,0)		2,5 (1,5)			2,0 (1,0)				
Maximální mezerovitost V _{max} [%]	4,5 (6,0)		4,5 (6,0)			4,0 (5,5)				
Maximální poměrná hloubka koleje PRD _{AIR} [%]	5,0		PRD _{deklarovaná}			-				
Maximální přírůstek hloubky koleje WTS _{AIR} (mm/10 ³ cyklů)	0,07		WTS _{deklarovani}			-				
Mezní teploty asfaltové směsi pro silniční asfalty [°C]	50/70 a 70/100 = 140 °C – 180 °C									
Podíl těžného kameniva [%]	jen drcené kamenivo									
Maximální množství stečeného materiálu D [% hm.]	0,3		0,3			0,6				
Minimální obsah rozpustného pojiva B _{min} [% hm.]	6,6	6,2	6,6	6,2	5,8	6,8	6,8	6,6	6,2	5,8
Maximální obsah rozpustného pojiva B _{max} [%]	14,0	13,5	14,0	13,5	13,0	-	-	-	-	-
Minimální stupeň vyplnění mezer VFB _{min} [%]	74	74	74	74	74	-	-	-	-	-
Maximální stupeň vyplnění mezer VFB _{max} [%]	83	83	83	83	83	-	-	-	-	-

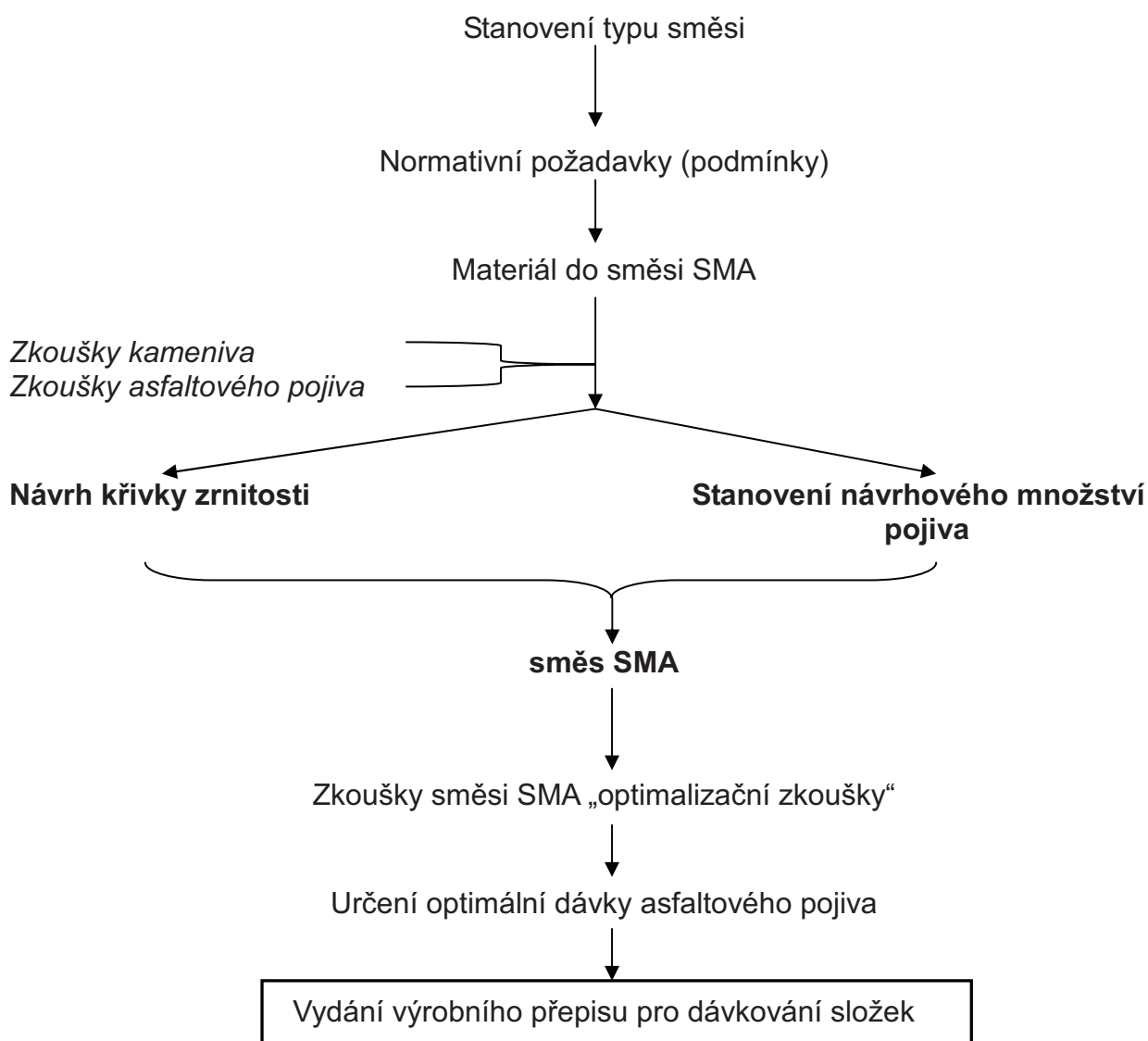
6.1 Všeobecný návrh asfaltové směsi

Jak již bylo výše uvedeno návrh asfaltové směsi mastixového koberce vychází z požadavků příslušné technické normy ČSN EN 13108-5, kde se předepisují požadavky na složení asfaltové směsi a její fyzikální a fyzikálně mechanické vlastnosti. Každý materiál použitý ve směsi se zkouší podle platných zkušebních norem.

Z praktické stránky návrhu směsi je nezbytně důležité vědět, pro jaký účel bude mastixový koberec použit. Veškeré tyto informace by měla obsahovat projektová dokumentace vypracována pod dohledem autorizované osoby v příslušném oboru. Správnost návrhu konstrukčních vrstev vozovky v projektové dokumentaci a úplnost údajů pro návrh směsi by mělo zaručit dlouhou životnost vozovky. V rámci návrhu asfaltového koberce mastixového se především jedná o tyto informace:

- třída dopravního zatížení – tento údaj má velký vliv na výběr asfaltového pojiva, který bude ve směsi použit,
- tloušťka vrstvy resp. označení směsi – především tato informace se nejvíce podílí na požadavcích asfaltového koberce mastixového.

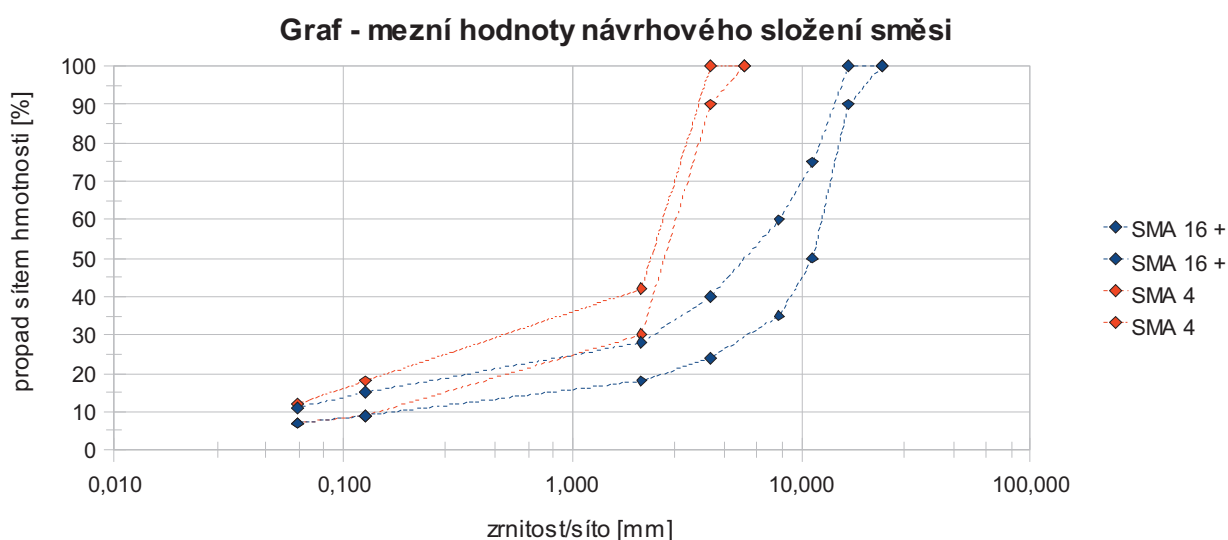
Schematické znázornění postupu stanovení receptury asfaltové směsi



6.2 Návrh čáry zrnitosti kameniva SMA

Pro stanovení čáry zrnitosti je nejdůležitější znát čáry zrnitosti jednotlivých frakcí kameniva a přídatného fileru. Podle odhadu nebo na základě dříve vypracovaných návrhu se zvolí procentuální zastoupení každé frakce kameniva. Podle takto zvoleného procentuálního zastoupení se u každé frakce redukuje propad na jednotlivých sítích přenásobením procentuálního zastoupení každé použité frakce a odpovídajícímu propadu této frakce na příslušném síti. Pod sloupcem každého síta se sečte celkový propad výsledné směsi, a tím je získána nová čára zrnitosti pro asfaltovou směs.

Takto navržená křivka zrnitosti se nejlépe posoudí graficky, kdy se do grafu vynese navržená čára zrnitosti a podle příslušného označení asfaltové směsi mezní hodnoty křivky zrnitosti. Pokud navržená čára zrnitosti pro danou směs leží uvnitř mezních hodnot, pak by směs kameniva měla odpovídat dalším požadavkům pro asfaltovou směs. V případě, že navržená čára zrnitosti směsi kameniva nevyhovuje, opakuje se výpočet změnou procentuálního zastoupení frakcí. Pokud se objemové hmotnosti jednotlivých složek směsi kameniva liší více než o 10% objemové hmotnosti navržené směsi kameniva, pak dle normy ČSN 73 6160 lze navrhnout čáru zrnitosti v % objemu.



Obr. 6.1. Mezní křivky zrnitosti SMA 16+ a SMA 4

Takto popsaný návrh složení kameniva pro asfaltový koberec mastixový je obecný a není nijak závazný. V laboratořích se tento postup používá, ale je ovlivněn jejich pracovníky (laboranty), kteří na základě dlouholetých zkušeností a naměřených dat dokážou optimálně zvolit křivku zrnitosti pro požadovanou směs.

6.3 Stanovení teoretického množství pojiva SMA

Asfaltový koberec mastixový je hutněná asfaltová směs, u které se stanovuje teoretické množství pojiva podle empirických vztahů nebo podle dlouholetých zkušeností. Rovněž lze teoretické množství pojiva „p“ vypočítat podle vzorce dle normy ČSN 73 6160:

$$p = 2,650 / \rho_a \cdot n \cdot \sqrt[5]{\epsilon}, \quad (6.1)$$

kde je „n“ součinitel sytosti [-];

ϵ ... měrný povrch kameniva [$\text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-1}$];

ρ_a ... objemová hmotnost kameniva stanovená dle EN 1097-6 [$\text{Mg} \cdot \text{m}^{-3}$].

Podle normy ČSN 73 6160 součinitel sytosti nabývá podle druhu a užití asfaltové směsi ve vozovce hodnot 3,1 a 3,4. Pro běžně používané směsi v obrusných vrstvách se používá hodnota 3,4. Pro ostatní případy směsi se použije hodnota 3,1. V případě asfaltové směsi s vysokým modulem tuhosti, a tím se rozumí i asfaltový koberec mastixový se teoretické množství pojiva vypočte podle výše uvedeného vzorce.

Tab. 6.2. Hodnoty teoretického optimálního množství pojiva

ε	$\sqrt[5]{\varepsilon}$	n	
		3,1	3,4
1	1,000	3,1	3,4
2	1,149	3,56	3,91
3	1,246	3,86	4,24
4	1,320	4,09	4,49
5	1,380	4,28	4,69
6	1,431	4,44	4,86
7	1,496	4,57	5,02
8	1,516	4,70	5,15
9	1,552	4,81	5,28
10	1,585	4,91	5,39
11	1,615	5,00	5,49
12	1,644	5,10	5,59
13	1,670	5,18	5,68
14	1,695	5,25	5,76
15	1,719	5,33	5,84
16	1,741	5,40	5,92
17	1,762	5,46	6,00
18	1,783	5,53	6,06
19	1,802	5,59	6,12
20	1,820	5,64	6,18
21	1,838	5,70	6,25
22	1,856	5,75	6,31
23	1,872	5,80	6,36
24	1,888	5,85	6,42
25	1,905	5,90	6,48
26	1,919	5,95	6,53
27	1,933	6,00	6,57
28	1,947	6,04	6,62
29	1,961	6,08	6,67
30	1,974	6,12	6,71
40	2,092	6,50	7,10
50	2,187	6,78	7,44
60	2,268	7,03	7,70

70	2,339	7,25	7,95
80	2,402	7,45	8,17
90	2,465	7,64	8,38
100	2,512	7,79	8,54
110	2,605	8,07	8,86
120	2,687	8,33	9,14

Výpočet měrného povrchu jedné frakce kameniva, které prošlo sítím s oky D v mm a zůstalo na síti s oky d v mm se vypočte podle vzorce:

$$\varepsilon = 2,3 / (\sqrt[5]{d \cdot D}), \quad (6.2)$$

V podstatě se měrný povrch vypočte jako součet všech měrných povrchů jednotlivých frakcí s ohledem na jejich zastoupení ve směsi. Pro běžně používané frakce se dá výpočet provést podle vzorce:

$$\varepsilon = 0,01 \cdot (0,174 G + 0,40 g + 2,30 S + 15,33 s + 140 f), \quad (6.3)$$

kde je „ ε “ měrný povrch kameniva v $\text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-1}$;

G... podíl kameniva v % hmotnosti, které zadrží síto 8;

S... podíl kameniva v % hmotnosti, které propadne sítím 4 a zadrží síto 0,25;

g... podíl kameniva v % hmotnosti, které propadne sítím 8 a zadrží síto 4;

s... podíl kameniva v % hmotnosti, které propadne sítím 0,25 a zadrží síto 0,063;

f... podíl kameniva v % hmotnosti, které propadne sítím 0,063.

Takový výpočet bez použití výpočetní techniky byl komplikovaný a zbytečně dlouhý z tohoto důvodu byla v normě ČSN EN 73 6160 vytvořena tabulka pro usnadnění výpočtu teoretického množství pojiva a je pro ukázkou v tomto textu uvedena jako tab. 6.2.

Dalším způsobem jak lze stanovit teoretické optimální množství pojiva je výpočet podle konstant podle vzorce:

$$\log K = 1,28495 - 0,32407 \cdot \log d_s, \quad (6.4)$$

kde je „ d_s “ aritmetický průměr velikosti otvorů dvou sousedních sít [mm].

Pro stanovení optimálního množství pojiva podle konstant je nutno použít sadu sít podle EN 933-2, kde se do výpočtu dosazuje střední hodnota velikosti dvou sousedních sít.

Na takto zvolené zkušební sadě sít se stanovují zbytky v gramech na jednotlivých sítích, které jsou vyjádřeny v % z celkové hmotnosti kameniva a vynásobí se příslušnými konstantami K. Součet těchto dílčích součinů dělených 100 udává počet objemových dílů asfaltového pojiva, potřebného k obalení 100 objemových dílců kameniva. Vzorec pro přepočet objemových dílů pojiva na díly hmotnosti:

$$F_m = F_v \cdot \rho_b / \rho_a, \quad (6.5)$$

kde je „ F_m “ hmotnostní díl pojiva [kg pojiva/100kg kameniva];

F_v ... objemový díl pojiva [kg pojiva/100kg kameniva];

ρ_b ... objemová hmotnost pojiva [$\text{Mg} \cdot \text{m}^{-3}$];

ρ_a ... objemová hmotnost kameniva dle EN 1097-7 [$\text{Mg} \cdot \text{m}^{-3}$].

6.4 Stanovení návrhového množství pojiva SMA

Podle normy ČSN 73 6160 po výpočtu teoretického optimálního množství pojiva se pro směsi nebo pro ostatní typy hutněných asfaltových směsí, u kterých bylo teoretické optimální množství pojiva stanoveno empiricky se doporučuje namíchat podle EN 12697-35 tři sady odstupňované o 0,3 % až 0,4 % u jemnozrnných asfaltových směsí ($D \leq 11$ mm) nebo o 0,4% až 0,5% u hrubozrnných směsí ($D \geq 16$ mm) tak, že teoretické optimální množství pojiva tvoří obvykle střední sadu.

Norma ČSN 73 6160 uvádí vzorec pro přepočet pojiva v jednotkách kg pojiva/100 kg kameniva na procentuální množství.

$$p^* = 100 \cdot [p / (100 + p)], \quad (6.6)$$

kde je „p“ teoretické množství pojiva v kg pojiva/100 kg kameniva;

p^* ... přepočtené množství pojiva [% hmotnosti].

V jednotlivých sadách se pak vyrobí minimálně 3 Marshallova tělesa, na kterých se stanoví jejich objemová hmotnost a následně maximální objemová hmotnost asfaltové směsi.

V pykometru ve vodě nebo na základě objemových hmotností jednotlivých složek směsi se stanoví maximální objemová hmotnost. Následně se vyhodnotí podle požadavku směsi mezerovitost V_m a obsah asfaltu A_p , popřípadě stupeň vyplnění mezer pojivem VFB. V případě, že je požadovaná mezerovitost směsi kameniva VMA i tato hodnota, ale pro asfaltový koberec mastixový tato hodnota není stanovena v požadavcích na směs. Hodnoty se pak dále zpracovávají do grafů.

V podstatě pro stanovení návrhového množství pojiva jsou rozhodující parametry mezerovitost zhutněné asfaltové směsi popřípadě stupeň vyplnění mezer. Na základě požadovaných mezních hodnot těchto parametrů pro danou směs, které lze získat v národní příloze výrobní normy se jejich promítnutím na graf závislosti parametru na obsahu pojiva vymezí dva nebo jeden subintervaly, jejichž překrytím se stanoví návrhové množství pojiva. Z tohoto intervalu návrhového množství pojiva se pak vybere nebo interpolací stanoví jedna hodnota množství pojiva splňující požadavek národní přílohy na minimální obsah pojiva v % objemu. Následně se s touto hodnotou množství pojiva provedou další vybrané zkoušky. U asfaltového koberce mastixového se provádí zkouška pojížděním kolem a stékavost pojiva. Pokud výsledky zkoušek splní požadované parametry, označí se tato hodnota množství pojiva jako výsledné optimum pojiva, které je podkladem pro zpracování výrobního předpisu.

Norma ČSN EN 13108-5, které přesně specifikuje požadavky na asfaltový koberec mastixový dále pak ustanovuje, kdy minimální obsah pojiva v návrhovém složení směsi se musí zvolit z kategorií. Požadavky na obsah pojiva se pak musí korigovat násobením faktorem podle vzorce:

$$\alpha = 2,650 / p_d, \quad (6.7)$$

kde je „ p_d “ průměrná měrná objemová hmotnost kameniva dle EN 1097-6 v Mg.m^{-3} .

V podstatě je podle normy ČSN EN 13108-5 přesně stanovena hodnota minimálního obsahu pojiva B_{\min} , která je specifikovaná v požadavcích pro příslušnou směs SMA.

Příklad: V případě, že bude zapotřebí navrhnout směs asfaltového koberce mastixového s označením SMA 11 S, pak lze v normě ČSN EN 13108-5 vyhledat požadavek na minimální obsah rozpustného pojiva, který je 6,6 % hmotnosti a je deklarován do kategorie $B_{\min 6,6}$. Pro ukázkou je na začátku kapitoly 7 převzatá tabulka z normy ČSN EN 13108-5, které stanovuje požadavky na směs SMA.

6.5 Zkoušky směsi asfaltového koberce mastixového

Celý návrh směsi je skupinou zkoušek, které stanovuje norma ČSN 13108-20 – Asfaltové směsi - specifikace pro materiály, část 20: Zkoušky typu. V této normě jsou ustanoveny zkoušky, které se rámci návrhu asfaltové směsi musí provádět a zároveň pak dále tato norma stanovuje požadavky vztažené k funkční charakteristice.

Tab. 6.3. Typ a počet zkoušek pro SMA

sloupec	1	2	3	4
řádek	vlastnost	zkušební postup	počet výsledků	ustanovení
1	obsah pojiva	EN 12697-1 a 39	1 pro ověření ve výrobě 0 pro ověření v laboratoři	předepsaná zkouška
2	zrnitost	EN 12697-2	1 pro ověření ve výrobě 0 pro ověření v laboratoři	předepsaná zkouška
3	mezerovitost včetně stupně vyplnění mezer pojivem (VFB)	EN 12697-8; použití objemové hmotnosti podle EN 12697-6, postup B, v případě nasyceného suchého povrchu. Použití maximální objemové hmotnosti podle EN 12697-5, postup A ve vodě.	1	předepsaná zkouška
4	mezerovitost zkušebních těles zhutněných gyrátorem	EN 12697-31	1	předepsaná zkouška
5	stékavost pojiva	EN 12697-18	1	požadavek na funkční charakteristiku
6	odolnost vůči vodě	EN 12697-12	1	požadavek na funkční charakteristiku
7	odolnost proti otěru pneumatikami	EN 12697-16	1	požadavek na funkční charakteristiku
8	odolnost proti trvalé deformaci (pro SMA navržený pro maximální zatížení nápravou menší než 13 tun)	EN 12697-22, malé zařízení metoda B, na vzduchu, při předepsané teplotě.	1	požadavek na funkční charakteristiku
9	odolnost proti trvalé deformaci (pro SMA navržený pro maximální zatížení 13 tun nebo větší)	EN 12697-22, velké zařízení, na vzduchu, při předepsané teplotě.	1	požadavek na funkční charakteristiku
10	odolnost proti působení pohonných hmot	EN 12697-43	1	požadavek na funkční charakteristiku - letiště
11	odolnost proti rozmrazovacím kapalinám	EN 12697-41	1	požadavek na funkční charakteristiku - letiště

6.5.1 Zkouška obsahu rozpustného pojiva

Předmětem normy ČSN EN 12967-1 Asfaltové směsi – Zkušební metody pro asfaltové směsi za horka; část 1: Obsah rozpustného pojiva je popis zkušební metody, která stanovuje obsah rozpustného pojiva ve vzorcích asfaltových směsí. Bohužel předmětem této normy nejsou zkušební metody pro rozbor asfaltové směsi, která obsahuje modifikovaná pojiva. Tato zkouška se provádí u asfaltových směsí, které jsou produktem obaloven. V rámci návrhu směsi se tato zkouška neprovádí.

Zkouška pro stanovení obsahu pojiva ve zkušebním vzorku asfaltové směsi, kdy směr musí být připravena dle normy EN 12697-28:2000, která je založena na následujících principech:

- extrakce pojiva rozpouštěním v horkém nebo studeném rozpouštědle,
- oddělení minerálního pojiva od roztoku pojiva,
- stanovení množství pojiva z rozdílu nebo znovuzískáním pojiva,
- výpočet obsahu rozpustného pojiva.

Tato norma zahrnuje různé zkušební postupy, které stanoví obsah rozpustného pojiva ve zkušebním vzorku asfaltové směsi pomocí různých zkušebních zařízení. V podstatě se jedná o zkušební zařízení, které umožňuje extrakci za horka nebo za studena.

Tab. 6.4. Přehled zkušebních zařízení pro stanovení obsahu asfaltového pojiva v závislosti na způsobu extrakce

způsob extrakce	zkušební zařízení
extrakce za horka	extraktor pro extrakci za horka – papírový filtr
	extraktor pro extrakci za horka – drátěný filtr
	Soxhletův přístroj
	modifikovaný Soxhletův přístroj
extrakce za studena	zařízení s rotujícími lahvemi
	extrakční odstředivka
	rozpuštění asfaltu ze směsi za studena za míchání
	průtoková odstředivka
	tlakový filtr
	odstředivka s kyvetami

Minerální zbytek ve znovuzískaném pojivu se získá spálením.

Z hlediska zkoušky asfaltové směsi jsou zmíněné zkušební postupy a k nim příslušné zařízení rovnocenná. Rovněž lze zkoušku pro stanovení obsahu rozpustného pojiva provést podle jiných zkušebních metod a zařízení, včetně neextrakčních metod. Nevýhodou těchto zkoušek je, že se při nich používají uhlovodíková rozpouštědla, která jsou nebezpečná a podle různých stupňů i zdraví škodlivá.

Z hlediska shodnosti je mez opakovatelnosti r pro obsah pojiva 0,3% a mez reprodukovatelnosti R 0,5 %.

6.5.2 Zkouška zrnitosti

Další z řady zkoušek, které se provádějí na již hotové asfaltové směsi, která je původem z obalovny. Norma ČSN EN 12697-2 Asfaltové směsi – Zkušební metody pro asfaltové směsi za horka; část 2: Zrnitost určuje potup stanovení zrnitosti kameniva v asfaltové směsi síťovým rozbořem a vážením směsi. Tato zkouška se provádí na kamenivu, které je po extrakci pojiva, kdy síťový rozbor, který je nutný pro sestavení potřebné křivky zrnitosti se provádí podle požadavků EN 933-1.

Zkouška, která se provede po extrakci kameniva, které zahrnuje síťový rozbor a pokud se kamenivo důkladně promyje v průběhu zkoušky EN 12697-1, popřípadě u kameniva, kde obsah pojiva byl stanoven termickou analýzou, tak se podle normy EN 12697-39 stanovuje zrnitost síťovým rozbořem za sucha. Každopádně pro každou směs musí být provedena kontrolní zkouška promýváním kameniva, a jestliže se propad na síť 0,063 mm, který byl stanoven promýváním kameniva, liší od propadu na síť 0,063 mm stanovený síťovým rozbořem za sucha o více než 0,2 % celkové hmotnosti propadu, pak v takovém případě nebudou výsledky zkoušek síťového rozboru pro příslušnou směs platné. To má za následek, že se provádí zkouška včetně promytí znovuzískaného kameniva.

Když se obsah pojiva stanoví z rozdílu dle EN 12697-1, pak celková hmotnost materiálu se získá součtem hmotnosti vysušeného vzorku znovuzískaného z odstředivky nebo filtračního zařízení a hmotnosti vysušeného kameniva. Součtem hmotnosti materiálu, které propadne sítí 0,063 mm a materiálem znovuzískaného z odstředivky nebo filtračního přístroje se výpočtem podle EN 933-1 zjistí celková hmotnost materiálu.

6.5.3 Stanovení maximální objemové hmotnosti

Maximální objemová hmotnost a objemová hmotnost se důležitá pro výpočet obsahu mezer ve ztuhnutém vzorku a dalších vlastností ztuhnuté asfaltové směsi vztahující se k jejímu objemu. Stanovení maximální objemové hmotnosti lze třemi různými způsoby. Stanovení maximální objemové hmotnosti je dáno normou ČSN EN 12697-5 Asfaltové směsi – Zkušební metody pro asfaltové směsi za horka; část 5: Stanovení maximální objemové hmotnosti.

Postupy pro stanovení maximální objemové hmotnosti:

- I. volumetrický – maximální objemová hmotnost se zjišťuje v pyknometru, kde se objem vzorku měří jako objem vody nebo rozpouštědla vytěsněného vzorkem v pyknometru.
- II. hydrostatický – je to metoda vážení pod vodou, kdy objem vzorku se zjistí výpočtem ze suché hmotnosti vzorku a z hmotnosti vzorku ve vodě.
- III. matematický – metoda, která je založena na postupu, kdy se maximální objemová hmotnost vypočte ze složení směsi (obsah pojiva+obsah kameniva) a objemových hmotností složek.

Zkušební vzorky musí být rozdrobeny a rozděleny na hrubé částice shluky, kdy největší rozměr shluku nesmí být větší než 6 mm. V případě, že je materiál tvrdý, a to takovým způsobem, že není možné ho ručně rozdělit, tak je přípustné zahřívání na misce v sušárně za teploty, jež nepřesahuje hranici 110°C, ale pouze do té doby než lze materiál opět ručně rozdělit.

V příloze A, která je informativní je uveden návod k výběru zkušebního postupu pro stanovení maximální objemovou hmotnost asfaltové směsi.

U zkoušky hydrostatické a volumetrické se musí vždy použít odvzdušněná voda s laboratorní teplotou. Pozitivní na těchto postupech je to, že se nepoužívají nebezpečné látky, které mohou mít vliv na zdraví a životní prostředí. Jedním z dalších pozitiv je to, že hustota vody není teplotně závislá tak, jako hustota u rozpouštědel, a tímto řízením teploty v průběhu zkoušek není až tak náročné. Poslední pozitivum hydrostatického a volumetrického postupu je, že přípustné vzduchové mezery v kamenivu a pod vrstvou pojiva, které se vyskytují při použití pórovitého

kameniva, jsou stanoveny jako část objemu kameniva. Z technologického hlediska se tomuto dává přednost, protože jsou důležité pouze mezery mezi zrny kameniva.

V případě, že se použije rozpouštědlo, tak je asfaltový film na povrchu kameniva odstraněn a rozpouštědlo vnikne do přístupných dutin v kamenivu, které jsou pak stanoveny jako součást mezer mezi zrny kameniva. To vede k nereálným hodnotám, jako stupeň vyplnění mezer, mezerovitost asfaltové směs a podobně.

Kromě pozitiv je u hydrostatického a volumetrického postupu negativum to, že při použití vody nemusí být do objemu kameniva zahrnuty všechny mezery mezi obalenými zrny, které jsou vodě přístupné a mezery, které se mohou nacházet pod filmem pojiva v důsledku špatného obalování. K tomu dochází především u směsí, které jsou soudržné i jako nez hutněné. U takových směsí může být odvedení zachyceného vzduchu provedeno použitím vakua, horké vody nebo pomocí organického rozpouštědla. Mícháním, protřepáváním nebo rotací lze usnadnit vytěsnění vzduchu eventuálně je přípustně použití malého množství dispergačního činidla.

Jakmile se použije organické rozpouštědlo, tak bude objem mezer z přístupných dutin v kamenivu zahrnut do objemu mezer mezi zrny kameniva. Mezi ostatní negativní vlastností organických rozpouštědel je zahrnuto, že výsledky mohou být méně přesné z důvodu relativně vysoké teplotní citlivosti asfaltové směsi a v praxi se jako rozpouštědla používají nebezpečné látky.

Mezi další postupy ke stanovení maximální objemové hmotnosti byl uveden matematický, který je zvláště výhodný, když je známo složení směsi (procenta kameniva a pojiva), objemová hmotnost kameniva a hustota pojiva. Jediným negativem tohoto postupu je, že je zapotřebí odhadnout ztrátu pojiv v důsledku nasáknutím do kameniva, což znamená, že není možno modelovat (simulovat) reálný stav. Avšak tento postup lze využít ke stanovení mezních hodnot očekávané maximální objemové hmotnosti směsi pomocí fyzikálních metod, kdy se provádí za použití zdánlivé objemové hmotnosti zrn a objemové hmotnosti vysušených zrn kameniva při výpočtu.

Informativní příloha B normy EN 12697-8 uvádí stanovení charakteristik absorpce minerálním kamenivem u asfaltových směsí. Pak výsledek maximální objemové hmotnosti je ovlivněn propustnými mezerami v kamenivu, které jsou přístupné pro pojivo. Protože u takového kameniva asfaltové směsi může být pojivo v těchto mezerách absorbováno, pak hodnoty mezerovitosti mohou být vyšší.

Norma EN 12697-8 dále v příloze C této normy uvádí postup ke kalibraci pyknometru a v národním aplikačním dodatku jsou uvedeny zkušební teploty pro temperování pyknometrů (u vody $25\pm 1^{\circ}\text{C}$ a u rozpouštědla $25\pm 2^{\circ}\text{C}$).

Dodržením postupů a podmínek této normy je výsledkem maximální objemová hmotnost asfaltové směsi v kg.m^{-3} s přesností na 1 kg.m^{-3} .

6.5.4 Stanovení objemové hmotnosti zkušebního tělesa vážením ve vodě

Ke stanovení objemové hmotnosti zhutněného zkušebního tělesa asfaltové směsi je určena norma ČSN EN 12697-6 Asfaltové směsi – Zkušební metody pro asfaltové směsi za horka; část 6: Stanovení objemové hmotnosti zkušebního tělesa vážením ve vodě, která stanovuje čtyři postupy zkoušek, kdy zvolený postup je závislý na odhadovaném obsahu a přístupnosti dutin ve zkušebním vzorku.

Postupy pro stanovení objemové hmotnosti zhutněného zkušebního tělesa asfaltové směsi:

- a) objemová hmotnost – suchá, která je pro tělesa s velmi uzavřeným povrchem,
- b) objemová hmotnost – nasycený suchý povrch, kdy postup je určen pro tělesa s uzavřeným povrchem,
- c) objemová hmotnost – utěsněné zkušební těleso, když zkušební tělesa mají otevřený nebo hrubý povrch,

- d) objemová hmotnost podle rozměrů, kdy tělesa s pravidelným povrchem mají pravidelný geometrický tvar jako čtverec, obdélník, válec a podobně.

V příloze A normy jsou rovněž uvedena vodítka ke zvolení optimálního zkušební postupu, který stanoví objektivní výsledky zkušebních asfaltových těles.

6.5.5 Stanovení mezerovitosti asfaltových směsí

Jedním ze sledovaných parametrů asfaltové směsi je mezerovitost, která se stanovuje podle normy ČSN EN 12697-8 Asfaltové směsi – Zkušební metody pro asfaltové směsi za horka; část 8: Stanovení mezerovitosti asfaltových směsí. První část normy určuje stanovení mezerovitosti asfaltového zkušební tělesa, která se získá výpočtem pomocí maximální objemové hmotnosti asfaltové směsi a objemové hmotnosti zkušební tělesa. Druhá část normy stanovuje stupeň vyplnění mezer ve směsi kameniva pojivem v procentech (VFB), který se získá na základě obsahu pojiva, mezerovitosti směsi kameniva, objemové hmotnosti zkušební tělesa a objemové hmotnosti pojiva.

Přesnost při stanovení mezerovitosti (V_m) je dána parametry pro opakovatelnost a reprodukovatelnost, kdy směrodatná odchylka pro opakovatelnost σ_r je 0,4% (v/v) a směrodatná odchylka pro reprodukovatelnost pak σ_R je 0,8% (v/v). Na základě těchto směrodatných odchylek, pak získáme patřičné parametry pro opakovatelnost $r=2,77 \cdot \sigma_r=1,1\%$ (v/v) a reprodukovatelnost $R=2,77 \cdot \sigma_R=2,2\%$ (v/v). Přesnost při stanovení stupně vyplnění mezer ve směsi kameniva pojivem v procentech (VFB) v současné době nejsou k dispozici.

6.5.6 Stanovení odolnosti zkušební tělesa vůči vodě

Norma ČSN EN 12697-12 Asfaltové směsi – Zkušební metody pro asfaltové směsi za horka; část 12: Stanovení odolnosti zkušební tělesa vůči vodě, která popisuje zkušební metodu pro stanovení účinku nasycení vodou a zrychleného temperování ve vodní lázni na pevnost v příčném tahu zkušebních těles tvaru válce, které jsou vyrobené z asfaltové směsi. Tato metoda je možno využít k hodnocení účinků vody s použitím eventuálně bez použití adhezních přísad včetně kapalin (aminů, filerů, hašeného vápna nebo cementu).

Předmětem této zkoušky je stanovení pevnosti v příčném tahu. Zkoušena je sada zkušebních těles, které jsou ve tvaru válce. Tyto válcovitá tělesa jsou temperována a rozčleněna do dvou skupin, které by měla mít stejnou průměrnou výšku, tak aby rozdíl výšky nebyl větší než 5 mm a stejnou průměrnou objemovou hmotnost, kdy rozdíl objemové hmotnosti by neměl být větší než $30 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$. Poté je jedna skupina těles udržována na vzduchu při laboratorní teplotě a druhá skupina je nasycena vodou a uložena ve vodní lázni se zvýšenou teplotou. Po procesu temperování a nasycování se při stanovené zkušební teplotě dle EN 12697-23 změří pevnost v příčném tahu na každé ze dvou skupin. U těles, které byly ve vodní lázni se musí zkouška pevnosti v příčném tahu provést do 1 minuty po vyjmutí z temperované lázně. Na základě výsledku zkoušek se stanoví poměr v příčném tahu skupiny těles temperovaných ve vodní lázni v porovnání s pevností v příčném tahu skupiny těles temperovaných na vzduchu a výsledek vyjádří v procentech.

Pro každou skupinu musí být vytvořeno minimálně 6 zkušebních těles ve tvaru válce, která musí být symetrická s hladkým povrchem stěn. V rámci této zkušební metody musí být tělesa vyrobena takovým způsobem, aby byla dosažena objemová hmotnost a mezerovitost, která by odpovídala hodnotám, které se mohou vyskytnout v reálném terénu. Pro dosažení požadovaných hodnot objemové hmotnosti a mezerovitosti se používá rázový zhutňovač se stanovenou zhutňovací energií 2×25 úderů. Zkušební tělesa musí být stejně stará a před zahájením temperování se musí umožnit zrání zkušebních těles po dobu minimálně 16 hodin.

Výsledkem této zkoušky odolnosti vůči vodě je poměr pevností v příčném tahu ITSR skupiny mokrých zkušebních těles a skupiny suchých těles.

6.5.7 Stékavost pojiva

Stékavost pojiva lze podle normy ČSN EN 12697-16 Asfaltové směsi – Zkušební metody pro asfaltové směsi za horka; část 18: Stékavost pojiva lze určit dvěma zkušebními metodami. Jedná se o metodu děrovaného koše a Schellenbergovu metodu. Údaje shodnosti u této metody v současnosti nejsou oficiálně schváleny. Prakticky to znamená, že výsledky obou metod jsou rovnocenné.

Metoda děrovaného koše měří přímo stékavost pojivy, ale pokud je prováděno na směsích s vlákny nebo na směsích, které mají obsah malty vyšší než je v asfaltovém koberci drenážním, pak může dojít k ucpání otvorů děrovaného koše, a tím se zamezí odtok pojiva. Tuto metodu lze tedy použít pro stanovení stékavosti pojiva pro směsi s různým obsahem pojiva, případně s jedním obsahem pojiva bez následného opakování. Zároveň tato metoda umožňuje stanovit vliv různých druhů drobného kameniva, ale taky množství použité přísady, které zabraňuje stékání pojiva.

V případě této metody je stékavost množství materiálu, které ubude stečením po dobu třech hodin při zkušební teplotě. Zkoušky se mohou provádět se vzorky odebranými během řízení výroby, ale i se vzorky vyrobenými v laboratoři. Měření se je založeno na principu, kdy směs je uložena do děrovaného koše, který je vyroben z plechu a sleduje se úbytek hmotnosti od původní navážky, který je vyjádřen v procentech. U směsí s běžným silničním asfaltem se zkouška provede při teplotě míchání +25°C, ale u směsí s modifikovaným asfaltem se zkouška provede při referenční teplotě míchání uvedené výrobcem +15°C. Průměrné množství stečeného pojiva se vypočte pro každý obsah pojiva nejméně ze dvou stanovení a výsledek se zaokrouhlí na nejbližší 0,1 %.

Schellenbergovu metodu lze použít pro drenážní asfaltové materiály, popřípadě takové asfaltové koberce drenážní, které obsahují vlákna. Rovněž je tato metoda vhodná ke stanovení stékavosti pojiva směsi s různým obsahem pojiva nebo jedním obsahem pojiva bez následného opakování. Taky jako metoda děrovaného koše umožňuje stanovit vliv různých druhů drobného kameniva, ale i množství použité přísady, které zabraňuje stékání pojiva. U této Schellenbergovy metody je stékavost množství materiálu, které steklo po 1 hodině při maximální předpokládané teplotě míchání v obalovně. Princip metody spočívá, že se měří zbytek, který zůstane po vyklopení kádinky obsahující zkoušenou směs. Výsledkem je procentuálně vyjádřena hodnota, která ubude z celkové navážky směsi a je zaokrouhlena na nejbližší 0,1 %. Podmínka teploty, za kterých se zkouška provádí je totožná jako u metody děrovaného koše (běžné silniční asfalty +25°C, modifikované +15°C uvedené výrobcem).

6.5.8 Zkouška pojížděním kolem

Podle normy ČSN EN 12697-22 Asfaltové směsi – Zkušební metody pro asfaltové směsi za horka; část 22: Zkouška pojížděním kolem se tato zkouška se provádí pouze pro směsi, kde velikostí zrna kameniva jsou do 32 mm. Normy popisuje zkušební postup pro stanovení náchylnosti asfaltových směsí k trvalé deformaci vystavené účinkem zatížení. Zkouška je prováděna na zkušebních tělesech vyrobených v laboratoři nebo na vzorcích odebraných z vozovky. Zkušební tělesa musí být upevněna ve formě zkušebního zařízení, tak aby povrch vzorku byl v jedné rovině s horním okrajem formy. Na základě hloubky vyjeté koleje, která je způsobena opakovaným pojížděním zatěžovacího kola a to při stálé teplotě se stanovuje náchylnost asfaltové směsi k trvalé deformaci. Norma pro určení hodnoty trvalé deformace určuje tři typy zařízení, na kterých může být zkouška provedena.

Typy zařízení k určení náchylnosti asfaltové směsi k trvalé deformaci:

- velká zkušební zařízení,
- extra velká zkušební zařízení,
- malá zkušební zařízení.

U velkých a extra velkých zařízení se tělesa temperují v průběhu zkušební teploty na vzduchu, ale u malých zkušebních zařízení mohou být zkušební tělesa temperována na vzduchu nebo ve vodní lázni. Zkušební zařízení, kterým se určuje náchylnost asfaltové směsi k trvalé deformaci se skládá ze zatěžovacího kola, které přímo působí na zkušební těleso upevněné ve formě na zkušebním stole. Kolo nad stolem se pohybuje ve vodorovné směru, a to způsobem, který simuluje pojezd vozidla a měřicí zařízení zaznamenává nárůst vyjeté koleje ve zkušebním tělese.

Pro Českou republiku je ve výrobních normách řady ČSN EN 13108 pro stanovení náchylnosti asfaltové směsi k trvalé deformaci určené malé zkušební zařízení a postup B, kdy temperování probíhá na vzduchu. Doba temperování při předepsané teplotě $\pm 1^\circ\text{C}$, kterou je před zahájením zkoušky nutno dodržet je přehledně uvedena v následující tab. 6.5.

Tab. 6.5. Doba temperování zkušebních těles

tloušťka zkušebního tělesa [mm]	doba temperování
≤ 60 mm	minimálně 4 hodiny
> 60 mm	minimálně 6 hodin
≤ 60 mm >	Doba temperování nesmí přesáhnout hodnotu 24 hodin

Pro malá zkušební zařízení by jmenovitá tloušťka zkušebních těles měla odpovídat tloušťce koberce pokládáné na vozovce. V případě, kdy směsi jsou pokládány v různých tloušťkách, pak tloušťka zkušebního vzorku by se měla přibližovat k navrhovanému rozmezí tloušťek. V tab. 6.6. jsou pro přehlednost uvedeny tloušťky vrstev směsi podle jejich zrnitosti.

Tab. 6.6. Tloušťky vrstev směsi pro malá zkušební zařízení

maximální velikost zrna [mm]	tloušťka vrstvy směsi [mm]
< 8	25
$\geq 8 - 16 <$	40
$\geq 16 - 22 <$	60
$\geq 22 - 32 <$	80

Výsledkem zkoušky je tedy přírůstek vyjeté koleje WTS_{AIR} v mm při 10^3 zatěžovacích cyklů a průměrná hloubka vyjeté koleje PRD_{AIR} .

V protokolu zkoušky, pak pro malá zkušební zařízení a podle postupu B musí být uvedeny tyto údaje:

- nárůst hloubky koleje WTS_{AIR} jednotlivých zkušebních těles,
- poměrná hloubka vyjeté koleje PRD_{AIR} při 10 000 zatěžovacích cyklech jednotlivých zkušebních těles,
- průměrná hloubka vyjeté koleje PRD_{AIR} při 10 000 zatěžovacích cyklech,
- hloubka vyjeté koleje RD_{AIR} při 10 000 cyklech jednotlivých zkušebních těles,
- průměrná hloubka vyjeté koleje RD_{AIR} při 10 000 cyklech.

6.5.9 Stanovení pevnosti v příčném tahu

Jedna z destruktivních zkoušek pro asfaltové směsi je stanovení pevnosti v příčném tahu. Předmětem této normy ČSN EN 12697-23 Asfaltové směsi – Zkušební metody pro asfaltové směsi za horka; část 23: Stanovení pevnosti v příčném tahu je popis zkušební metody, která se provádí na zkušebních tělesech ve tvaru válce.

Postup zkoušky je takový, že zkušební vzorek, který byl temperovaný při předepsané teplotě je uložen do lisu mezi zatěžovací pásy a je zatěžován podél své středové osy konstantní rychlostí až do okamžiku porušení. Výsledkem zkoušky pevnosti v příčném tahu je maximální hodnota

tahového napětí, která je vypočtena z nejvyššího zatížení a rozměru vzorku, které vedlo k jeho porušení. Zkouška musí být dokončena do 2 minut, kdy bylo zkušební těleso vyjmuto z místa temperace. Pevnost v příčném tahu je podle normy označován jako ITS.

6.5.10 Příprava těles rázovým zhutňovačem

Popis výroby zkušebních vzorků přispívá k celkové objektivnosti výsledků řady navazujících zkoušek. Norma ČSN EN 12697-30 Asfaltové směsi – Zkušební metody pro asfaltové směsi za horka; část 30: Příprava těles rázovým zhutňovačem předepisuje postup výroby zkušebních těles, které se zejména používají pro stanovení hodnot objemové hmotnosti a dalších technologických charakteristik. Norma je omezena pro asfaltové směsi, které jsou vyrobeny v laboratoři nebo odebrané ze staveniště s kamenivem o zrnitosti do 22,4 mm.

Pro přípravu zkušebního tělesa je zapotřebí čerstvě namíchaná směs z laboratoře, obalovny nebo přímo odebraná ze stavby. Takhle získaná asfaltová směs, která musí být vytemperovaná při předepsané teplotě se vysype do ocelové formy pro zhutnění a následně zhutní v rázovém zhutňovači. Hutnicí beran pěchu, který padá z předepsané výšky požadovaným počtem rázů na bicí hlavu pěchu, uloženou na horním povrchu zkušebního tělesa zhutní asfaltovou do požadované kvality. Těleso, které musí mít tvar válce o průměru $101,6 \pm 1$ mm a výšky $63,5 \pm 2,5$ mm se po zhutnění nechá vychladnout na laboratorní teplotu.

Tímto normativním postupem, pak získáme zkušební tělesa, která mohou být dále testována podle předepsaných požadavků.

6.5.11 Odolnost proti působení rozmrazovacích kapalin

Asfaltová směs, která je použita pro obrusnou vrstvu je v mnoha případech vystavena působení rozmrazovacích kapalin jako jsou roztoky octanů a mravenčanů. Právě norma ČSN EN 12697-41 Asfaltové směsi – Zkušební metody pro asfaltové směsi za horka; část 41: Odolnost proti působení rozmrazovacích kapalin předepisuje postup zkoušení asfaltové směsi, kdy se stanovuje povrchová pevnost v tahu zkušebního tělesa po uložení do rozmrazovací kapaliny.

Tato zkouška je vyžadována zejména pro asfaltové směsi pokládáné na letištních plochách, ale lze ji použít i pro směsi, které jsou pokládáné na vozovkách pozemních komunikací eventuálně na ostatních dopravních plochách.

Opět se zkouška provádí na válcových tělesech, které jsou odebrané z asfaltové vrstvy vývrtem nebo laboratorně vyrobené a následně upravené jádrovým vývrtem na válcové těleso. Pro zkoušku se použije část vývrtu, která má tloušťku přibližně 5 mm. Jinak čtyři zkušební tělesa tzv. vlhká musí být uložena do rozmrazovací kapaliny a další čtyři tělesa tzv. suchá musí být uložena na vzduchu. Každé zkušební těleso musí být opatřeno ocelovým nebo hliníkovým terčem, které lepí na jeho povrch. V průběhu samotné zkoušky se terč odtrhuje tahovou silou působící kolmo na zkušební povrch se zvyšující rychlostí 200 N.s^{-1} . V rámci zkoušky se zaznamenává typ porušení a pevnost v tahu při porušení. Srovnáním dosažených hodnot zkušebních těles uložených do rozmrazovací kapaliny s tělesy, které byly na vzduchu získáme konečný výsledek zkoušky.

6.5.12 Odolnost proti působení pohonných hmot

Výskyt vozidel na pozemních komunikacích má za následek, že asfaltová směs může být vystavena účinkům pohonných hmot, ale i v případech, kdy na letišti vypouští letadlo své palivo do určeného prostoru. I v tomto případě evropská norma ČSN EN 12697-43 Asfaltové směsi – Zkušební metody pro asfaltové směsi za horka; část 43: Odolnost proti působení pohonných hmot popisuje metodu, která stanovuje odolnost proti působení pohonných hmot na asfaltovou směs.

Podstatou metody je ponoření zkušebního tělesa připraveného v laboratoři nebo odebraného vývrtem z vozovky do nádoby s palivem, kdy po vyjmutí se vzorek okartáčuje kartáčem, který je osazený na míchačce. Mírou odolnosti proti působení pohonných hmot je ztráta materiálu

zkušební tělesa. Jako pohonná hmota se u této zkoušky běžně používá kerosin, což je letecký benzín.

Válcové těleso o známé hmotnosti se částečně ponoří do lázně daného paliva po předepsanou dobu. U silničních asfaltů je tato doba 24 hodin, ale pro asfaltové směsi a asfalty s modifikovanými polymery je stanovena doba na 72 hodin. Po vyjmutí vzorku z lázně, promytí vodou a sušením, které trvá 24 hodin v odvětrávané sušárně při teplotě 25°C se následně změří ztráta hmotnosti zkušební tělesa a ponořený povrch se vizuálně posoudí. Mezi zaznamenané údaje patří vliv pohonné hmoty na zkušební těleso a ztráta materiálu ponořeného povrchu. Zkušební těleso se vloží do ocelové formy tak, aby ponořený povrch byl nahoře. Pneumatický válec na dně zkušební tělesa posune jeho ponořený povrch na ocelový kartáč, který má dráhu pohybu po epicykloidách. Po 30 sekundách je kartáč zastaven a zkušební může být vytaženo z formy. Následně se změří ztráta hmotnosti a vizuálně se posoudí povrch, který byl kartáčován. Kartáčuje se na dvě doby po 30 sekundách a pak jedna doba po 60 sekundách, tzn. výsledná doba kartáčování činí 120 sekund. Ztráta materiálu po ponoření nebo kartáčování je mírou odolnost proti působení pohonných hmot.

6.6 Receptura směsi SMA 11 S navržena v rámci diplomové práce v laboratoři TPA s.r.o. Ostrava

Pro vybranou směs asfaltového koberce mastixového s označením SMA 11 S byly poskytnuty následující materiály:

- kamenivo: přírodní drcené z lomu Bohučovice;
- filer: mletý vápenec VJM 7 s místem odběru v zásobníku obalovny Polanka a zdrojem z Lietavská Lúčky;
- asfaltové pojivo: PMB 25/55-60 s místem odběru PARAMO Pardubice;

Specifikace asfaltového pojiva:

Jedná se o modifikovaný silniční asfalt s homogenním elastomerem, který je na bázi ropného asfaltu. Polymer je chemicky provázán – zesíťován, tím pádem je zajištěna homogenita a lepší kvalitativní parametry. Toto asfaltové pojivo se prodává pod výrobním označením MOFALT SMA 45 Extra.

- přísada: S-CEL 7 G-SOFT, který způsobí lepší přilnavost asfaltového pojiva ke kamenivu.

Každý materiál, který byl zakomponován ve výsledné směsi byl řádně podroben potřebným počtem zkoušek, které mu určují normativní přepisy. Mezi nejvíce zkoušenou složkou asfaltové směsi SMA 11 S bylo kamenivo.

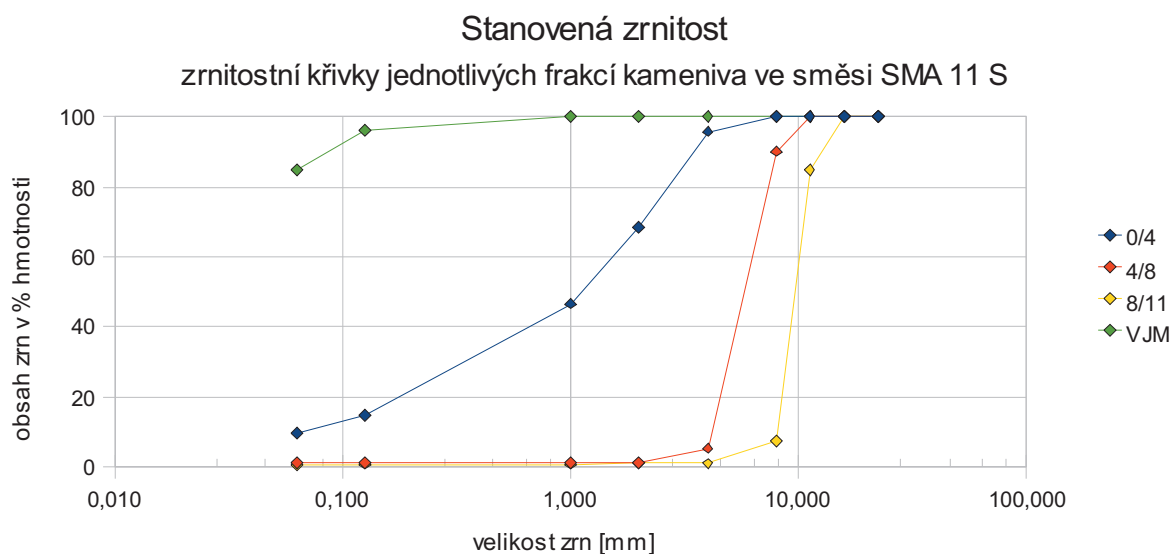


Obr. 6.2. Zařízení pro prosévací zkoušku včetně normové sady sít

U drceného kameniva se především prováděl zrnitostní rozbor, kde u vybrané asfaltové směsi SMA 11S byly vybrány frakce drceného kameniva 0/4, 4/8 a 8/11. U fileru, pak frakce 0,063/2. Podle naměřených dat, která se získala síťovým rozbořem byly jednotlivé frakce kameniva deklarovány do příslušné kategorie podle určeného normativu a vytvořeny křivky zrnitosti.

Tab. 6.7. Zrnitosti jednotlivých frakcí kameniva ve směsi SMA 11 S

síto [mm]	frakce 0/4	frakce 4/8	frakce 8/11	filer
	propad sítem [%]			
22,400	100	100	100	100
16,000	100	100	100	100
11,200	100	100	85	100
8,000	100	90,2	7,4	100
4,000	95,8	5,3	0,9	100
2,000	68,4	1,3	0,9	100
1,000	46,6	1,3	0,8	100
0,125	14,9	1,2	0,8	96,2
0,063	9,7	1	0,5	84,7



Obr. 6.3. Křivky zrnitosti kameniva ve směsi SMA 11 S

Pro recepturu bylo dále nutno ověřit výskyt jemných částic, které se mohou nebo vyskytují ve frakci 0/4. Výskyt těchto částic je pak označen hodnotou methylenové modře. Pro navrhovanou recepturu pro tento konkrétní případ, kde kamenivo je původem z lomu Bohučovice se podle normativního postupu podle normy EN 933-9 stanovila hodnota methylenové modře $MB_F=5$.



Obr. 6.4. Laboratorní souprava pro zkoušku methylenovou modří

U asfaltového pojiva, které bylo použito v dané receptuře se rovněž provedly základní zkoušky. První zkouška bylo stanovení penetrací jehlou, kdy se na asfaltovém pojivu PMB 22/55-60 provedly tři vpichy jehlou. Každý vpich byl prováděn s jinou jehlou, kde se změřila hloubka vpichu do asfaltového pojiva po dobu zatížení 5 sekund. Z naměřených hodnot vpichu se vypočetla průměrná hodnota, která byla 38. U zkoušky stanovení penetrace jehlou asfaltové pojivo splnilo normativní požadavek, protože hodnoty vpichu se mohly pohybovat v intervalu od 25 do 55, což průměrná hodnota náleží v tomto intervalu.

Druhou zkouškou, kterým bylo asfaltové pojivo podrobena bylo stanovení bodu měknutí metodou kroužek a kulička. U této zkoušky, jak již bylo výše zmíněno je teplota bodu měknutí stanovena na základě propadu dvou ocelových kuliček, které propadnou kotouči asfaltového pojiva uložených na mosazných kroužcích. U konkrétního asfaltového pojiva PMB 22/55-60 první kulička propadla při teplotě 62,2 °C a druhá kulička u teploty 61,8 °C. Průměrná hodnota těchto dvou teplot činí 62 °C a splňuje požadavek na asfaltové pojivo, kde minimální hodnota je 60 °C a maximální hodnota 65 °C.



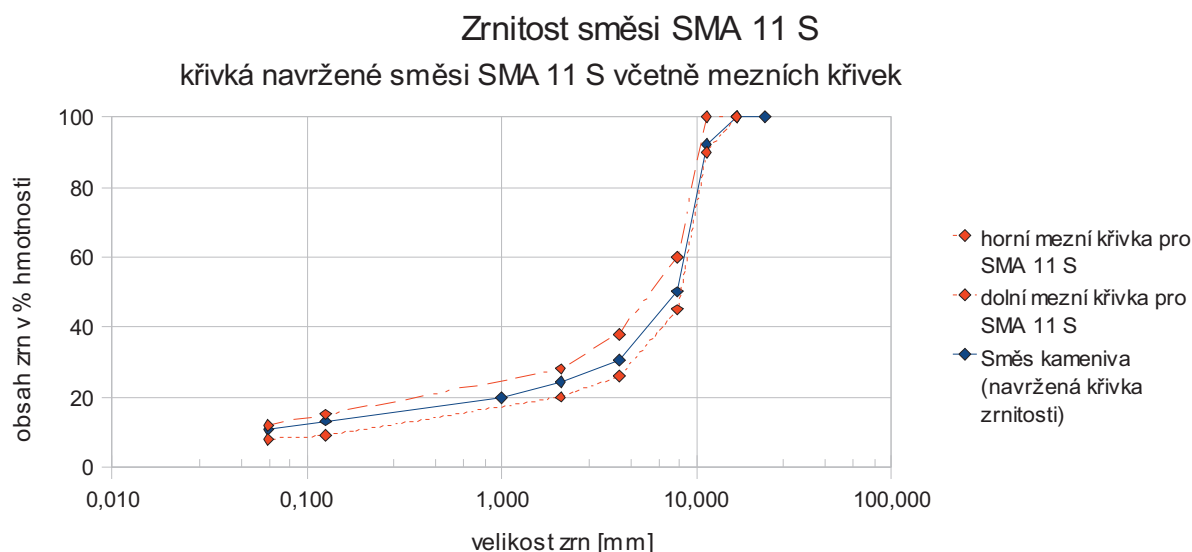
Obr. 6.5. Zkouška bodu měknutí metodou kroužek kulička

Po odzkoušení jednotlivých vlastností hlavních složek asfaltové směsi mastixového koberce se provedl návrh čáry zrnitosti směsi, která musela vyhovět normativnímu požadavku pro SMA 11 S. Návrhová čára byla navržena na základě zrnitostních křivek jednotlivých frakcí kameniva podle postupu uvedeného v kapitole 6.1, kdy bylo složení směsi kameniva navrženo tak,

aby návrhová zrnitostní čára byla v požadovaných mezích pro danou směs. Jednotlivé frakce kameniva, pak měli toto zastoupení: 0/4 – 20%, 4/8 – 18%, 8/11 – 52% a filer 10%. Přenásobením jednotlivým procentuálním zastoupení navrženého podílu jednotlivých frakcí a výsledným součtem se získala návrhová zrnitostní křivka viz. obr. 6.6.

Tab. 6.8. Hodnoty návrhu zrnitostní křivky pro směs SMA 11 S

0/4	4/8	8/11	vápenec	Směs kameniva SMA 11 S (navržená křivka zrnitosti)
SDK	SDK	HDK	VJM	
Bohučovice	Bohučovice	Bohučovice	Lietavská Lúčka	
20	18	52	10	100
20	18	52	10	100
20	18	44,2	10	92,2
20	16,24	3,85	10	50,08
19,16	0,95	0,47	10	30,58
13,68	0,23	0,47	10	24,38
9,32	0,23	0,42	10	19,97
2,98	0,22	0,42	9,62	13,23
1,94	0,18	0,26	8,47	10,85



Obr. 6.6. Navržená zrnitostní křivka směsi SMA 11 S

Poté co se navrhla čára zrnitosti, tak bylo zapotřebí určit množství asfaltového pojiva. Podle normy ČSN 73 6160 jsou uvedené způsoby výpočtu teoretické množství pojiva metodou konstant nebo podle koeficientu sytosti, ale tyto výpočty jsou vhodné pro asfaltový beton. V případě asfaltového koberce mastixového se množství určuje empiricky nebo na základě praktických zkušeností. Nakonec bylo stanoveno množství pojiva na 6,3 % hmotnosti. Podle normy ČSN EN 13108-5 je kladen požadavek na minimální obsah pojiva $B_{\min}=6,2$ % hmotnosti. Zvolené množství asfaltového pojiva je v tomto případě stanoveno správně. V rámci receptury SMA 11 S je, ale na základě zkoušek zapotřebí stanovit optimální dávka asfaltového pojiva. Optimalizace je proces, kdy se provede řada zkoušek na vzorcích asfaltové směsi s různým dávkováním pojiva. Pro návrh směsi

SMA 11 S bylo dávkování pojiva zvoleno po kroku 0,2% hmotnosti. Takže byly určeny další dvě sady asfaltové směsi, které se od základního stanoveného množství pojiva lišily o 0,2 %. Ve výsledku pak vznikl předpis pro recepturu SMA 11 S, který byl podroben stanovenými zkouškami.

Tab. 6.9. Předpis dávkování složkových materiálů směsi SMA 11S pro optimalizační zkoušky

O z n a č e n í s é r i e	Kamenivo					Pojivo			Přísada	C E L K O V Á H M O T N O S T N A V Á Ž K Y	
	Z d r o j k a m e n i v a	B o h u č o v i e	B o h u č o v i e	B o h u č o v i e	L i e t a v s k á L ú č k a	PMB 22/55-60 MOFALT SMA 45 Extra			S-CEL 7 G-SOFT		
	frakce	0/4	4/8	8/11	VJM 7	obsah pojiva celkem	v tom				
	dávkování [%]	20	18	52	10		asfalt	modifikant			
	kamenivo [g]	navážka frakcí kameniva [g]						[g]	[g]		[g]
	III	6000	1200	1080	3120	600	6,1	391,3	0		24,0
I	6,3						405,0	0	24,0	6453,0	
II	6,5						418,8	0	24,0	6466,8	

Pro výrobu směsi byly v rámci předpisu pro SMA 11 předepsány teploty míchání směsi od 165 °C do 185 °C a teplota zhutňování pro rázový zhutňovač na hodnotu 150 °C.

Než se stanovila optimální dávka asfaltového pojiva, tak se provedla zkouška přilnavosti asfaltu ke kamenivu. Je vhodné zjistit chování asfaltového pojiva s přísadou, která má zlepšit přilnavost pojiva ke kamenivu předtím, než se začne s pracovním postupem výroby zkušebních vzorků pro optimalizační zkoušky. Podle postupu ČSN 73 6161 byla zkouška přilnavosti asfaltu ke kamenivu vyhodnocena 100% přilnavostí. Pro stanovení procentuální obalenosti plochy byla použita normativní tabulka se schematickým zakreslením vzhledu obaleného zrn viz. protokol zkoušky.



Obr. 6.7. Kontrola obalení kameniva pojivem

Optimalizační zkoušky se provádějí na zkušebních tělesech vzniklé v rázovém zhutňovači nebo na vzorcích obaleného kameniva. Předmětem optimalizačních zkoušek je zjištění objemových hmotností asphaltové směsi, kde na základě těchto parametrů se vypočte mezerovitost směsi, která určí optimální dávku asphaltového pojiva. Maximální objemová hmotnost se určuje na zrnech obalených asphaltovým pojivem zkouškou v pyknometru a objemová hmotnost na marshallových tělesech.

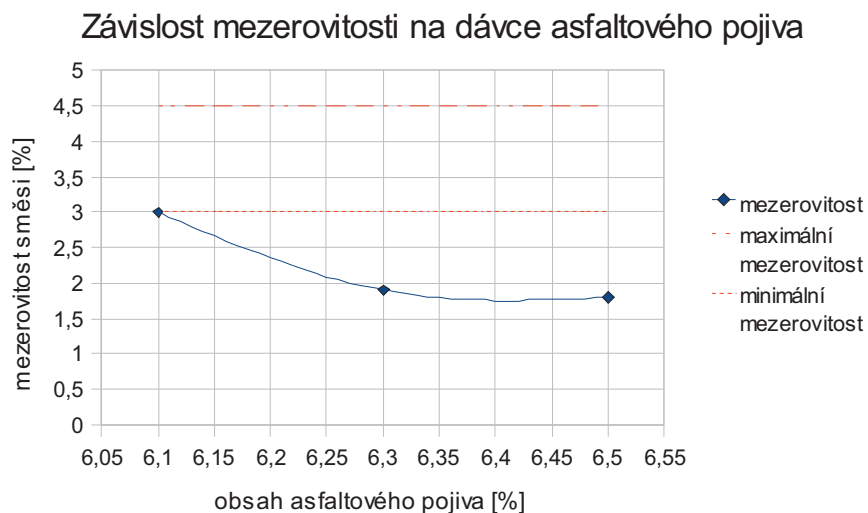


Obr. 6.8. Výroba zkušebních těles rázovým zhutňovačem

Nejlepšího výsledku u optimalizačních zkoušek směsi SMA 11 S s různým dávkováním pojiva dosáhla série, u které bylo stanoveno dávkování pojiva 6,1% z celkové hmotnosti. Pro návrh receptury směsi to znamená, že optimální dávka pojiva je 6,1%, při mezerovitosti směsi, která činí 3%.

Tab. 6.10. Výsledky zkoušek fyzikálně-mechanických vlastností směsi SMA 11 S

číslo série	I	II	III
obsah pojiva ve směsi [%]	6,1	6,3	6,5
objemová hmotnost zkušebních těles [kg.m ⁻³]	2332	2352	2343
maximální objemová hmotnost zkušebních těles [kg.m ⁻³]	2405	2398	2386
mezerovitost zkušebních těles [%]	3,0	1,9	1,8
Mezerovitost směsi kameniva [%]	17,0	16,4	16,7
Vyplnění mezer pojivem [%]	82,1	88,3	89,2
Objem asfaltu ve zhutněné směsi [%]	13,9	14,5	14,9

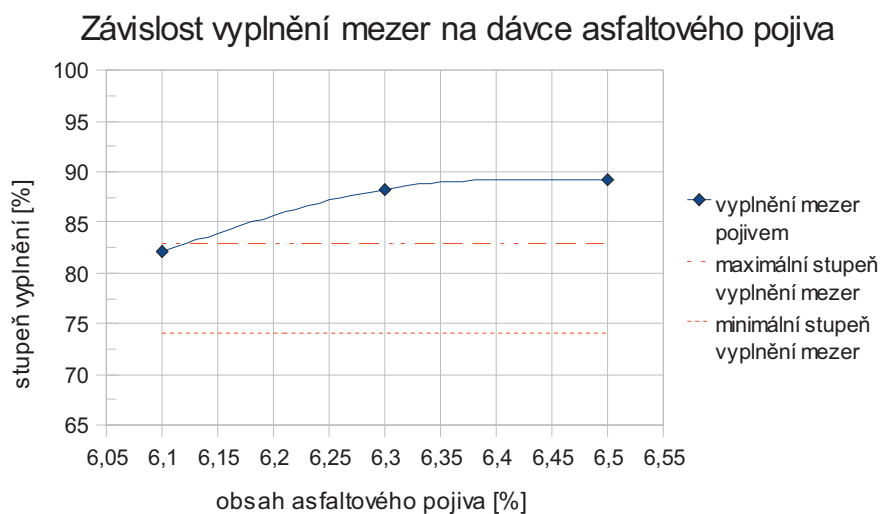


Obr. 6.9. Závislost mezerovitosti na množství asfaltového pojiva ve směsi SMA 11 S

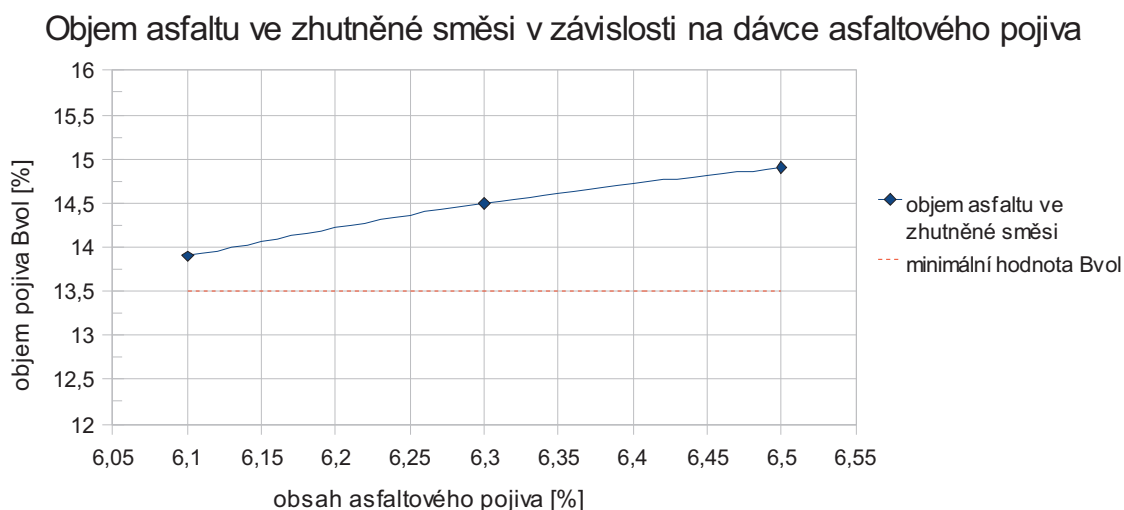
Z obr. 6.9. je na první pohled patrné, že v případě, kdy se snížil obsah asfaltového pojiva, tak se mezerovitost zvětšila, ale ve druhém případě, kdy bylo ve směsi použito větší množství pojiva se mezerovitost snížila.



Obr. 6.9. Pyknometr v laboratoři TPA s.r.o.



Obr. 6.10. Závislost vyplnění mezer asfaltovým pojivem na množství použitého asfaltového pojiva ve směsi SMA 11 S



Obr. 6.11. Závislost objemu asfaltu ve zhutněné směsi v závislosti na dávce asfaltového pojiva směsi SMA 11 S

Poslední zkouškou v rámci návrhu receptury asfaltového koberce mastixového bylo stanovení náchylnosti asfaltové směsi k trvalé deformaci pod účinkem zatížení. Tato jediná ze zkoušek nebyla provedena ve zkušební laboratoři TPA s.r.o. Ostrava, ale zkoušena v laboratoři TPA s.r.o. Olomouc.

Teplota směsi na počátku hutnění byla 150°C v lamelovém hutnicím zařízení. Doba temperace zkušebních těles byla 240 minut. V požadavcích na SMA 11 S je maximální poměrná hloubka koleje PRD_{AIR} po 5000 cyklech 5 %. Průměrná hodnota vyjeté koleje navržené směsi je 2,8%, což znamená, že navržená receptura směsi SMA 11 S splňuje normativní požadavek.

Tab. 6.11. Výsledky zkoušky náchylnosti asfaltové směsi k trvalé deformaci

	zkouška č. 1	zkouška č. 2	průměrná hodnota
hloubka koleje po 5000 cyklech [mm]	1,30	0,96	1,13
hloubka koleje po 10 000 cyklech [mm]	1,38	1,06	1,22
WTS_{AIR} (mm/10 ³ cyklů)	0,02	0,02	0,02
PRD_{AIR} (5000 cyklů)	3,3 %	2,4 %	2,8 %

V celkovém zhodnocení lze konstatovat, že navržená receptura pro SMA 11 S splnila veškeré normativní požadavky kromě podmínky na minimální množství asfaltového pojiva. Přehledné výsledky zkoušek s normativními požadavky pro asfaltový koberec mastixový 11 S jsou uvedeny v tab. 6.12.

Výrobní předpis pro dávkování složek je uveden v tab. 6.13, kdy na základě optimalizačních zkoušek bylo zvoleno, že optimální množství asfaltového pojiva je ve třetí zkušební sérii s 6,1%.

Tab. 6.12. Přehled výsledků zkoušek a vyhodnocení navržené směsi SMA 11 S

Sledovaná vlastnost	Hodnota výsledku zkoušky	Požadovaná (normativní) hodnota	Vyhodnocení
Minimální mezerovitost V_{\min} [%]	3,0	3,0	splněno
Maximální mezerovitost V_{\max} [%]	3,0	4,5	splněno
Maximální poměrná hloubka koleje PRD_{AIR} [%]	2,8	5,0	splněno
Maximální přírůstek hloubky vyjeté koleje WTS_{AIR} [mm/10 ³ cyklů]	0,02	0,07	splněno
Podíl těžného kameniva [%]	100 % drcené kamenivo	jen drcené kamenivo	splněno
Maximální množství stečeného materiálu D [% hm.]	0,13	0,3	splněno
Minimální obsah rozpustného pojiva B_{\min} [% hm.]	6,1	6,2	není splněno
Minimální obsah rozpustného pojiva B_{vol} [% hm.]	13,9	13,5	splněno
Minimální stupeň vyplnění mezer VFB_{\min} [%]	82,1	74	splněno
Maximální stupeň vyplnění mezer VFB_{\max} [%]	82,1	83	splněno
Penetrace jehlou [mm]	38	min. 22 max. 55	splněno
Bod měknutí [°C]	62	min. 60 max. 65	splněno

Tab. 6.13. Předpis dávkování složkových materiálů směsi SMA 11S

Kamenivo					Pojivo			Přísada	C E L K E M [kg]
frakce	0/4	4/8	8/11	VJM 7	obsah pojiva celkem	v tom		S-CEL7 G-SOFT	
dávkování [%]	20	18	52	10		asfalt	modifikant		
kamenivo [g]	navážka frakcí kameniva [g]					[g]	[g]	[g]	
6000	1200	1080	3120	600	6,1	391,3	0	24,0	6,439

7 Závěr

Asfaltová směs mastixového koberce (SMA 11 S), která byla pro tuto diplomovou práci zvolena byla navržena a zkoušena podle normativních požadavků, které jsou k tomu určeny. Výstupem této práce je předpis pro dávkování složek směsi SMA 11 S, která splnila požadavky na směs asfaltového koberce mastixového podle normy ČSN EN 13108-5. Pouze v jednom jediném bodě navržená směs asfaltového koberce mastixového 11 S se neshoduje s požadavkem na minimálním obsahu rozpustného pojiva B_{\min} , kdy požadovaná normativní hodnota B_{\min} je 6,2 % celkové hmotnosti kameniva a výsledné optimum je 6,1% z hmotnosti kameniva.

Vzhledem k tomu, že asfaltový koberec mastixový se odlišuje od jiných asfaltových směsí, u kterého se množství pojiva víceméně stanovuje podle zkušeností nebo empiricky a navíc je plněn požadavek minimálního obsahu rozpustného pojiva B_{vol} , tak je možné vydat (schválit) předpis pro dávkování složek se zvoleným optimem asfaltového pojiva.

8 Seznam použité literatury

- [1] ČOREJ, J., a kol.: *Mechanika vozoviek, navrhovanie vozoviek a spevnených plôch*. Žilinská univerzita v Žiline, EDIS – vydavateľstvo ŽU 2006, ISBN 80-8070-571-2.
- [2] GESCHWENDT, I., a kol.: *Vozovky, obnova, zesilování a rekonstrukce*, Jaga group, spol. s.r.o., Bratislava 2004, ISBN 80-8076-005-5.
- [3] KALAŠOVÁ, A., FAITH, P., PAĽO, J.: *Dopravné inžinierstvo 1*. Žilinská univerzita v Žiline, EDIS – vydavateľstvo ŽU 2006, ISBN 80-8070-634-4.
- [4] KALAŠOVÁ, A., PAĽO, J.: *Dopravné inžinierstvo, organizácia riadenie dopravy*. Žilinská univerzita v Žiline, EDIS – vydavateľstvo ŽU 2003, ISBN 80-8070-076-1.
- [5] MORAVČÍK, M., ZEMKO, Š.: *Betónové mosty I. diel, I. Všeobecná časť; II. Mosty zo železobetónu*. Žilinská univerzita v Žiline, EDIS – vydavateľstvo ŽU 2004, ISBN 80-8070-258-6.
- [6] KOTAS, P.: *Dopravní systémy a stavby*. Nakladatelství ČVUT 2007, ISBN 978-80-01-03602-0
- [7] ČSN EN 12697-18 Asfaltové směsi-zkušební metody pro asfaltové směsi za horka-Část 18: Stékavost pojiva (73 6160), Český normalizační institut, 2005.
- [8] ČSN EN 13043 Kamenivo pro asfaltové směsi a povrchové vrstvy pozemních komunikací, letištních a jiných dopravních ploch (72 1501), Český normalizační institut, 2004.
- [9] ČSN EN 13108-5 Asfaltové směsi-Specifikace pro materiály-Část 5: Asfaltový koberec mastixový (73 6140), Český normalizační institut, 2008.
- [10] ČSN EN 13108-8 Asfaltové směsi-specifikace pro materiály-Část 8: R-materiál (73 6140), Český normalizační institut, 2008.
- [11] ČSN EN 12108-80 Asfaltové směsi-Specifikace pro materiály-Část 20:Zkoušky typu (73 6140), Český normalizační institut, 2008.
- [12] ČSN 73 6160 Zkoušení asfaltových směsí, Český normalizační institut, 2008.
- [13] ČSN 73 6121 Stavba vozovek-Hutněné asfaltové vrstvy-Provádění a kontrola shody, Český normalizační institut, 2008.
- [14] TP 170 Navrhování vozovek pozemních komunikací, Ministerstvo dopravy České republiky, 2004
- [15] Autoři příspěvků jednotlivých částí školení: *Školení o evropských normách pro stavbu vozovek 4 – Asfaltové směsi (SENS 4)*.
- [16] Autoři příspěvků jednotlivých částí školení: *Školení o evropských normách pro stavbu vozovek 5 – Nátěry a kalové vrstvy (SENS 5)*.

9 Přílohy

Seznam protokolů provedených zkoušek směsi SMA 11 S

Protokol č. OS09-0010:	Posouzení jemných částic methylenovou modří,
Protokol č. OS09-0011:	Stanovení zrnitosti fileru jako kameniva,
Protokol č. OS09-0001:	Stanovení vlastností kameniva (frakce 0/4), Laboratorní zápis,
Protokol č. OS09-0002:	Stanovení zrnitosti kameniva (frakce 4/8), Laboratorní zápis,
Protokol č. OS09-0003:	Stanovení zrnitosti a tvarového indexu vzorku kameniva (frakce 8/11), Laboratorní zápis,
Protokol č. OS09-0004:	Stanovení zrnitosti a tvarového indexu vzorku kameniva (frakce 8/16), Laboratorní zápis,
Protokol č. OS09-200:	Stanovení vlastností vzorku asfaltu,
Protokol č. OS09-201:	Stanovení přilnavosti asfaltu ke kamenivu podle ČSN 736161,
Vstupní zkouška typu č. OS09-202-ZT:	Příloha – materiálové složky, Příloha – složení směsi, Příloha – Laboratorní předpis pro výrobu zkušebních vzorků
Protokol č. OS09-203:	Stanovení stékavosti asfaltu podle ČSN EN 12697-18,
Protokol č. OS09-002:	Zkouška typu – stanovení optimální dávky pojiva, Zápis hodnot stanovených optimalizačními zkouškami, Grafické vyjádření fyzikálně-mechanických vlastností směsi,
Protokol č. OL09-1632:	Zkouška pojíždění kolem.



PROTOKOL Č. OS09 - 0010

POSOUZENÍ JEMNÝCH ČÁSTIC METHYLENOVOU MODŘÍ

list 1/1

Zdroj kameniva : **Bohučovice**

Frakce : **0/4**

Místo odběru : **z výroby**

Odběr dne : **24.11.08**

Vzorek odebral : **objednatel**

Posouzení jemných částic - Zkouška methylenovou modří podle ČSN EN 933-9

Zkušební postup podle ČSN EN 933-9 příl. A

Hmotnost zkušebního vzorku: **3 000,0 g**

Příprava kameniva

Zmenšení vzorku podle prEN 932-2

Vysušený redukováný vzorek: **200,2 g**
prosátý redukováný vzorek - pod sítné 0,125 mm **53,5 g**

Zkušební roztok methylenové modří 1g / 1000 ml

Zkušební roztok vyroben dne **24.02.09**

Zkušební roztok použitelný do dne **24.03.09**

Zkouška adsorpce methyl. modře

Zmenšení pro zkušební navážku podle prEN 932-2

Zkušební navážka zm < 0,125 mm **29,9 g** M_1
přidaný roztok barviva: **15 ml** V_1

Vyhodnocení

Hodnota methylenové modře **$M_{F_1} = 5,0$**
g barviva na 1000 g kameniva **$U = +/- 0,0$**

$U = +/-$ Uvedená rozšířená nejistota měření je součinem standardní nejistoty měření a koeficientu rozšíření $k=2$, což zaručuje interval spolehlivosti přibližně 95%. Hodnota nejistoty u methylenové modře je kvalifikovaný odhad na základě výsledků centrální laboratoře SSŽ

Údaje o zkoušce :

Číslo vzorku : **OS09 - 0010**

Objednatel zkoušky : **VŠB - TUO, FAST, Ludvíka Podéště, 708 33 Ostrava - Poruba**

Vzorek dodán dne : **24.11.2008**

Zkoušel : **Bc. Pazdziora**

Zkoušeno od : **09.03.2009**

Schválil : **-**

do : **10.03.2009**

Protokol vystaven : **11.03.2009**

Tento protokol nesmí být bez souhlasu laboratoře kopírován jinak než celý. Výsledky zkoušek se týkají jen předmetu zkoušky a protokol nenahrazuje jiné dokumenty.



PROTOKOL č. OS09-0011
STANOVENNÍ ZRNITOSTI FILERU JAKO KAMENIVA

list 1/1

Zkušební postup podle ČSN EN 933-10

druh fileru: **mletý vápenec VJM 7** zdroj fileru: **Lietavská Lúčka**
místo odběru: **zásobník - obal. Polanka** vzorek odebral: **objednatel**
odběr dne: **01.12.08**

Stanovení zrnitosti

Zkušební postup: ČSN EN 933-10 čl. 6 a 7

zkušební vzorek	g		zbytek na sítu g	propad sítím stanoveno požadováno		U=+/-
	prázdné síto+viko g	síto+viko+ +zbytek g		stanoveno	požadováno	
2	712,0	712,0		100,0%	100%	
0,125	552,7	554,6	1,9	96,2%	> 85,0%	9,6%
0,063	576,5	584,2	7,7	84,7%	> 70,0%	8,5%

Hodnocení:

Zrniost fileru je ve shodě s požadavkem ČSN EN 13043 tab. 24

U=+/- Uvedená rozšířená nejistota měření je součinem standardní nejistoty měření
a koeficientu rozšíření k=2, což poskytuje hladinu spolehlivosti přibližně 95%.

Údaje o zkoušce

Objednatel zkoušky : **VŠB - TUO, FAST, Ludvíka Poděště, 708 33 Ostrava - Poruba** Vzorek č. : **OS09-0011**

Vzorek dodán dne : **02.12.08**
Zkoušeno od : **30.03.09**
do : **31.03.09** Zkoušel : **Bc. Pazdziora**

Protokol vystaven : **31.03.09** Schválil : **-**

Odběr vzorku byl proveden mimo rámec akreditace laboratoře

Výsledky zkoušek se týkají jen předmětu zkoušky a protokol nenahrazuje jiné dokumenty.
Tento protokol nesmí být bez souhlasu laboratoře kopírován jinak než celý.

zdroj kameniva : Bohučovice

druh : 0/4

místo odběru : z výroby

drcené kamenivo

odběr dne : 24.11.08

Stanovení zrnitosti

Hodnocení kameniva

Zkoušeno podle ČSN EN 933-1

Hodnocené parametry

síto	propad	U=+/-	para- metr	síto	propad
125	100,0%		metr	mm	sítem
90	100,0%		2 D	8	100,0%
63	100,0%		1,4 D	5,6	100,0%
45	100,0%		D	4	95,8%
31,5	100,0%		D/2	2	68,4%
22,4	100,0%				
16	100,0%				
11	100,0%				
8	100,0%				
5,6	100,0%	1,1%			
4	95,8%	0,8%			
2	68,4%	0,6%			
1	46,6%	0,4%			
0,5	33,0%	0,3%			
0,25	22,5%	0,2%			
0,125	14,9%	0,1%			
0,09	11,8%	0,1%			
0,063	9,7%	0,1%			

Hodnocení

- všeobecné požadavky na zrnitost

ČSN EN 13043: směs kameniva

kategorie

G A 90

- obsah jemných částic

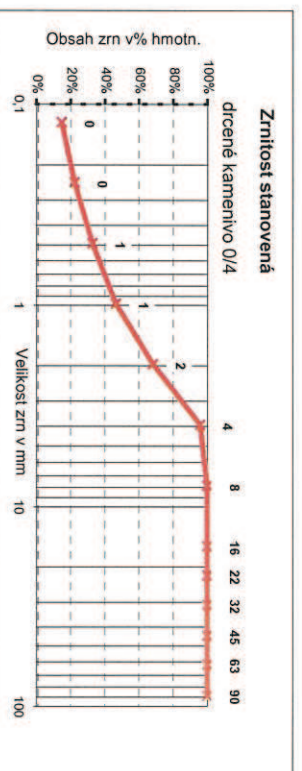
Dle ČSN 933-1 obsah zrn <0,063 mm= 9,7%

ČSN EN 13043

f 10

5,6	100,0%	1,1%
4	95,8%	0,8%
2	68,4%	0,6%
1	46,6%	0,4%
0,5	33,0%	0,3%
0,25	22,5%	0,2%
0,125	14,9%	0,1%
0,09	11,8%	0,1%
0,063	9,7%	0,1%

u = +/- Uvedená rozšířená nejistota měření je součinem standardní nejistoty měření a koeficientu rozšíření k=2, což zaručuje interval spolehlivosti přibližně 95%.



Kvalita jemných částic ověřena dle ČSN EN 933-9, hodnoceno protokolem č. OS09 - 0062, ze dne 10.3.2009

Údaje o zkoušce

Číslo zkoušky : OS09 0001

Objednatel zkoušky : VŠB - TUO, FAST, Ludvíka Podéště, 708 33 Ostrava - Poruba

Označení vzorku : .

Odebral : objednatel

Vzorek dodán dne : 24.11.08

Č.vz.objednatel.: .

Zkoušeno od : 09.03.09

Čas odběru : 10,00

do : 10.03.09

Zkoušel : Bc. Pazdiora

Protokol uzavřen dne : 11.03.09

Schválil : -

Odběr vzorku byl proveden mimo rámec akreditace.

Výsledky zkoušek se týkají jen předmětu zkoušky a protokol nenahrazuje jiné dokumenty.

Uvedená rozšířená nejistota nezahnuje nejistotu odběru vzorku.

ČIA akreditovaná zkušební laboratoř TPA ČR, Vrbenská 31, 370 06 České Budějovice

Pracoviště č. 5, Polanecká 827, 721 08 Ostrava

T
P
A

LABORATORNÍ ZÁPIS

Druh : 0/4 drčené kamenivo

Zdroj: **Bohučovice**

1. Stanovení obsahu jemných částic

1.1 Prani

Metodika : ČSN EN 933-1

Hmotnost vysušené zkušební navážky

A	B
745,8	9
675,1	9

Hmotnost zrn $>0,063$ mm po promytí a vysušení:

1. Stanovení zrnitosti

2.1 Prosévání

Metodika zkoušky ČSN EN 933-1

Minimální hmotn. zkušební navážky

podle ČSN EN 933-1 0,2 kg

90 **sito**

3-1	0,2 kg	90		
tă şita (mm)		63		
0,063		45		

Povinně použitá síta (mm)

dtto, měnicí se podle zkoušené frakce

8	22,4		
5,6	16		
4	11,2		
2	8		

Nepovinná síta

0.5	0.5	101.3
0.25	0.25	78.4
0.125	0.125	56.8
0.09	0.09	23.3

0.09

0,063

đno

1,5

1,5

Č. vzorku objednatel:

Zkouška zahájena dne : **09.03.09**

Zkoušel: Bc. Pazdziora

Bc. Pazdziora

Zkouška ukončena dne : **10.03.09**

LABEX Rousek Software



TPA ČR, zkušební laboratoř akreditovaná ČIA, AZL 1181, Vrbenská 31, 370 06 České Budějovice
Pracoviště č. 5, Polanecká 827, 721 08 Ostrava



PROTOKOL č. OS09-0002
STANOVENÍ ZRNITOSTI VZORKU KAMENIVA

zkouška č. : **OS09-0002**

odběr dne : **24.11.08**

zdroj kameniva :

Bohučovice

frakce :

4/8

přírodní drcené kamenivo

místo odběru :

výroba - lom

Stanovení zrnitosti

Hodnocení kameniva

Proseváni podle ČSN EN 933-1:1998,zm,A1:2006

Všeobecné požadavky na zrnitost

síto mm	propad	parametr	síto	propad	
		2 D	16	100,0%	
		1,4 D	11,2	100,0%	
31,5	100,0%	D	8	90,2%	$U \pm 1,1\%$
22,4	100,0%	Dsřř	5,6	34,3%	$U \pm 0,4\%$
16	100,0%	d	4	5,3%	$U \pm 0,1\%$
11,2	100,0%	d/2	2	1,3%	$U \pm 0,02\%$
8	90,2%	Kategorie zrnitosti podle ČSN EN 13043			
5,6	34,3%	Kategorie zrnitosti podle ČSN EN 12620			
4	5,3%	Kategorie zrnitosti podle ČSN EN 13242			
2	1,3%	<u>Obsah jemných částic</u> podle ČSN EN 933-1:1998,zm,A1:2006			
1	1,3%	stanovenno: obsah zrn < 0,063 =			
0,25	1,2%	Kategorie jem. částic podle ČSN EN 13043			
0,125	1,2%	Kategorie jem. částic podle ČSN EN 12620			
0,063	1,0%	Kategorie jem. částic podle ČSN EN 13242			

U = +/- Rozšířená nejistota měření. Je součinem standardní nejistoty měření a koeficientu rozšíření k=2, což poskytuje hladinu spolehlivosti přibližně 95%.

Údaje o zkoušce

Objednatel zkoušky :

VŠB - TUO, FAST, Ludvíka Podéště, 708 33 Ostrava - Poruba

Vzorek dodán dne :

24.11.08

Vzorek odebral : **objednatel**

Zkoušeno

od : **27.03.09**

Zkoušel : **Bc. Pazdziora**

do : **31.03.09**

Protokol uzavřen dne :

31.03.09

Schválil : **-**

Odběr vzorku mimo rámec akreditace

Výsledky zkoušek se týkají jen předmětu zkoušky a protokol nenahrazuje jiné dokumenty.
Tento protokol nesmí být bez souhlasu laboratoře kopírován jinak než celý.



LABORATORNÍ ZÁPIS

STANOVENÍ VLASTNOSTÍ VZORKU č. OS09 -0002

Frakce: **4/8** přírodní drcené kamenivo Zdroj : **Bohučovice**

Odběr vzorku

Vzorek odebrán dne: **24.11.08**

Místo odběru: **výroba - lom**

Vzorek odebral: **objednatel**

Stanovení zrnitosti

podle ČSN EN 933-1:1998, zm.A1:2006

1 Promytí

Hmotnost vysušené zkušební navážky	1 079,0	g
Hmotn. zm >0,063 mm po promytí a vysušení:	1 068,6	g

2. Prosévání

síto	zůstatek na sítu	
90		g
63		g
45		g
31,5		g
22,4		g
16		g
11,2		g
8	106,0	g
5,6	602,4	g
4	312,9	g
2	43,5	g
1	0,6	g
0,5		g
0,25	0,2	g
0,125	0,3	g
0,063	2,6	g
dno	0,1	g

Zkouška zahájena dne : **27.03.09**

Zkouška ukončena dne : **31.03.09**

Zkoušel: **Bc. Pazdziora**



TPA ČR, zkušební laboratoř akreditovaná ČIA, AZL 1181, Vrbenská 31, 370 06 České Budějovice
Pracoviště č. 5, Polanecká 827, 721 08 Ostrava



PROTOKOL č. OS09 -0003
STANOVENÍ ZRNITOSTI A TVAROVÉHO INDEXU VZORKU KAMENIVA

vzorek č. : **OS09 -0003**

odběr dne : **24.11.08**

zdroj kameniva : **Bohučovice**

frakce : **8/11** přírodní drcené kamenivo

kamenivo pro výrobu :

místo odběru : **výroba - lom**

<u>Stanovení zrnitosti</u>	<u>Hodnocení kameniva</u>
----------------------------	---------------------------

Proseváni podle ČSN EN 933-1:1998,zm.A1:2006

Všeobecné požadavky na zrnitost

síto mm	propad	parametr	síto	propad	
31,5	100,0%	2 D	22,4	100,0%	U = ± 0,1%
22,4	100,0%				
16	100,0%				
11,2	85,5%	1,4 D	16	100,0%	U = ± 1%
8	7,4%	D	11,2	85,5%	
5,6	1,3%	d	8	7,4%	
4	0,9%	d/2	4	0,9%	U = ± 0,01%
2	0,9%	Kategorie zrnitosti podle ČSN EN 13043			
1	0,8%	Kategorie zrnitosti podle ČSN EN 13043			
0,5	0,8%	G c 85/15			
0,25	0,8%				
0,125	0,8%				
0,063	0,5%				

Obsah jemných částic

podle ČSN EN 933-1:1998,zm.A1:2006

stanoveno: obsah zrn < 0,063 = **0,5%** U = ± 0,01%

Kategorie jem. částic podle ČSN EN 13043

f₁

Tvar zrn hrubého kameniva

podle ČSN EN 933-4:2008

stanoveno: tvarový index = **18** U = ± 1,6

Kategorie SI podle ČSN EN 13043

SI 20

U : Rozšířená nejistota měření. Je součinem standardní nejistoty měření a koeficientu rozšíření k=2, což poskytuje hladinu spolehlivosti přibližně 95%.

Údaje o zkoušce

Objednatel zkoušky : **VŠB - TUO, FAST, Ludvíka Poděště, 708 33 Ostrava - Poruba**

Vzorek dodán dne : **24.11.08** Vzorek odebral : **objednatel**

Zkoušeno od : **27.03.09** Zkoušel : **Bc. Pazdziora**

do : **31.03.09**

Protokol uzavřen dne : **31.03.09** Schválil : **-**

Odběr vzorku mimo akreditaci

Výsledky zkoušek se týkají jen předemtu zkoušky a protokol nenahrazuje jiné dokumenty.

Tento protokol nesmí být ez souhlasu laboratoře kopírován jinak než celý.



LABORATORNÍ ZÁPIS
STANOVENÍ VLASTNOSTÍ VZORKU Č. OS09 -0003

Frakce: 8/11 přírodní drcené kamenivo Zdroj : Bohučovice

Odběr vzorku

Vzorek odebrán dne: 24.11.08

Místo odběru: výroba - lom

Vzorek odebral: objednatel

Stanovení zrnitosti

ČSN EN 933-1:1998,zm.A1:2006

1 Promytí

Hmotnost vysušené zkušební navážky	2 622,2	g
Hmotn. zrn >0,063 mm po promytí a vysušení:	2 609,2	g

2. Prosévání

síto	zůstatek na sítu	
90		g
63		g
45		g
31,5		g
22,4		g
16		g
11,2	381,2	g
8	2 046,5	g
5,6	161,5	g
4	8,2	g
2	2,2	g
1	0,7	g
0,5	0,3	g
0,25	0,3	g
0,125	0,7	g
0,063	6,4	g
dno	1,2	g

Stanovení tvarového indexu

ČSN EN 933-4:2008

Části široké frakce	8/11
Hmot. zkušěných zrn g	1 038,3
Hmot. nekubických zrn g	188,0
Podíl nekubických zrn	18,1%

Zkouška zahájena dne : 27.03.09
Zkouška ukončena dne : 31.03.09

Zkoušel: Bc. Pazdziora



TPA ČR, zkušební laboratoř akreditovaná ČIA, AZL 1181, Vrbenská 31, 370 06 České Budějovice
Pracoviště č. 5, Polanecká 827, 721 08 Ostrava



PROTOKOL č. OS09-0004
STANOVENÍ ZRNITOSTI A TVAROVÉHO INDEXU VZORKU KAMENIVA

vzorek č. : **OS09-0004**

odběr dne : **24.11.08**

zdroj kameniva :

Bohučovice

frakce :

8/16

přírodní drcené kamenivo

kamenivo pro výrobu :

místo odběru :

výroba - lom

Stanovení zrnitosti	Hodnocení kameniva
----------------------------	---------------------------

Proseváni podle ČSN EN 933-1:1998, zm.A1:2006

Všeobecné požadavky na zrnitost

síto mm	propad	parametr	síto	propad	
31,5	100,0%	2 D	31,5	100,0%	
22,4	100,0%	1,4 D	22,4	100,0%	
16	92,2%	D	16	92,2%	$U = \pm 1,1\%$
11,2	50,8%	Dstř	11,2	50,8%	$\pm 0,6\%$
8	5,3%	d	8	5,3%	$U = \pm 0,1\%$
5,6	0,7%	d/2	4	0,5%	$U = \pm 0,01\%$
4	0,5%	Kategorie zrnitosti podle ČSN EN 13043			
2	0,5%	G_C 90/10			
1	0,5%				

Obsah jemných částic

podle ČSN EN 933-1:1998, zm.A1:2006

stanoveno: obsah zrn < 0,063 = **0,3%** $U = \pm 0\%$

Kategorie jem. částic podle ČSN EN 13043

f_{0,5}

0,5	0,5%
0,25	0,4%
0,125	0,4%
0,063	0,3%

Tvar zrn hrubého kameniva

podle ČSN EN 933-4:2008

stanoveno: tvarový index = **17** $U = \pm 1,6$

Kategorie SI podle ČSN EN 13043

SI 20

U : Rozšířená nejistota měření. Je součinem standardní nejistoty měření a koeficientu rozšíření k=2, což poskytuje hladinu spolehlivosti přibližně 95%.

Údaje o zkoušce

Objednatel zkoušky :

VŠB - TUO, FAST, Ludvíka Podéště, 708 33 Ostrava - Poruba

Vzorek dodán dne :

24.11.08

Vzorek odebral : **objednatel**

Zkoušeno

od : **27.03.09**

Zkoušel : **Bc. Pazdziora**

do : **31.03.09**

Protokol uzavřen dne :

31.03.09

Schválil : **-**

Odběr vzorku mimo akreditaci

Výsledky zkoušek se týkají jen předmětu zkoušky a protokol nenahrazuje jiné dokumenty.

Tento protokol nesmí být bez souhlasu laboratoře kopírován jinak než celý.



LABORATORNÍ ZÁPIS

STANOVENÍ VLASTNOSTÍ VZORKU Č. OS09 -0004

Frakce: **8/16** přírodní drcené kamenivo Zdroj: **Bohučovice**

Odběr vzorku

Vzorek odebrán dne: **24.11.08**

Místo odběru: **výroba - lom**

Vzorek odebral: **objednatel**

Stanovení zrnitosti

ČSN EN 933-1:1998,zm.A1:2006

1 Promytí

Hmotnost vysušené zkušební navážky	2 722,7	g
Hmotn. zm >0,063 mm po promytí a vysušení:	2 714,7	g

2. Prosévání

síto	zůstatek na sítu	
90	213,6	g
63	1 126,2	g
45		g
31,5		g
22,4		g
16		g
11,2	1 126,2	g
8	1 237,9	g
5,6	124,7	g
4	6,5	g
2	0,8	g
1	0,4	g
0,5	0,3	g
0,25	0,3	g
0,125	0,4	g
0,063	3,4	g
dno	0,2	g

Stanovení tvarového indexu

ČSN EN 933-4:2008

Části široké frakce	8/16
Hmot. zkoušených zm g	1 035,9
Hmot. nekubických zm g	176,2
Podíl nekubických zm	17,0%

Zkouška zahájena dne : **27.03.09**

Zkouška ukončena dne : **31.03.09**

Zkoušel: **Bc. Pazdiora**



VSTUPNÍ ZKOUŠKA TYPU Č. OS09 - 202 - ZT
PŘÍLOHA - MATERIÁLOVÉ SLOŽKY

list 1/2

směs: **SMA 11 S**

s asfaltem podle ČSN EN 13108-5

objednatel: VŠB - TUO, FAST, Ludvíka Poděštilě, 708 33 Ostrava - Poruba

Složkové materiály

Asfalt

druh: **PMB 25/55-60**
ČSN EN 14023

Specifikace ČSN EN 14023				zkušební	
	min	max		vzorek	
penetrace	0,1 mm:	25	55	38	
K+K	°C:	60	65	62	
hustota	kg/m ³ :	1 020			

Přísada

druh: **S-CEL 7 G-SOFT** dávka hm. kam.: 0,4%

Modifikant

druh: dávka hm. asf.:
dávka hm. asf.:

Kamenivo

1 2 3 5

Filler

frakce
druh

0/4 SDK	4/8 HDK	8/11 HDK				vápenec VJM 7	
------------	------------	-------------	--	--	--	------------------	--

zdroj

Propad sítím	
31,5	100
22,4	100
16	100
11,2	100
8	100
4	100
2	100
1	100
0,125	100
0,063	100

Bohučovice	Bohučovice	Bohučovice				Lietavská Lúčka	
100	100	100					
100	100	100					
100	100	100					
100	100	100					
100	100	85,0					
100	90,2	7,4					
95,8	5,3	0,9					
68,4	1,3	0,9					
46,6	1,3	0,8					
14,9	1,2	0,8				96,2	
9,7	1,0	0,5				84,7	

Vlastnosti použitého kameniva

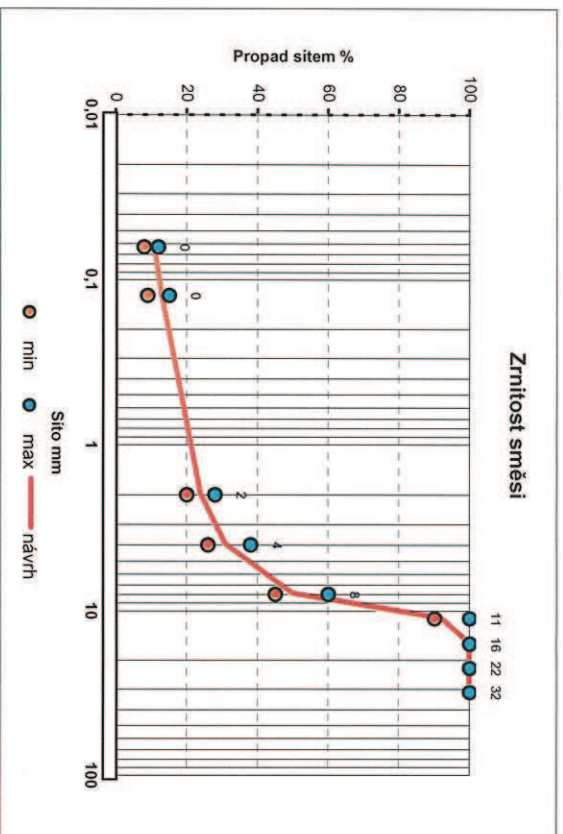
zrnitost	G _A 90	G _C 90/10	G _C 90/15				MB _F 10
	f ₁₀ F	f ₂	f ₁				
obsah jem. částí							
kvalita jem. částí							
tvárový index		SI ₁₅	SI ₁₅				
odol. proti drcení		LA ₂₅	LA ₂₅				
ohladitelnost		PSV ₅₆	PSV ₅₆				
nasákavost							
trvanlivost							
mrazuvzdornost		F ₁	F ₁				
přilnavost			výborná				
hustota kg/m ³	2 617	2 644	2 642				2 660

SLOŽENÍ SMĚSI KAMENIVA

směs: SMA 11 S

Zdroj		Bohučovice	Bohučovice	Bohučovice	Lietavská Lučka
frakce	0/4	4/8	8/11		vápenec
%	20	18	52		10

omezení:
100% propad sítím
16 mm



Zrniťosť směsi		Meze	
typ OS09 - 202 - ZT		ČSN EN 13108-5	
síťo	propad %	min. %	max. %
31,5	100,0	100	100
22,4	100,0	100	100
16	100,0	100	100
11,2	92,0	90	100
8	50,0	45	60
4	31,0	26	38
2	24,0	20	28
0,125	13,0	9	15
0,063	11,0	8	12

Doklady o vlastnostech složek směsi podle ČSN EN 13108-20 tab. A.1

složka	zdroj (druh)	čísla protokolů o zkouškách
0/4	Bohučovice	OS09 - 0001
4/8	Bohučovice	OS09 - 0002
8/11	Bohučovice	OS09 - 0003

filér	Lietavská Lučka	OS09 - 0011
asfalt	25/55-60	OS09 - 200

Předpis pro laboratorní výrobu směsi je přílohou výtisku č. 1 tohoto protokolu
Zkušební směs bude vyrobena v laboratoři podle ČSN EN 12697 - 35

Protokol vystaven dne: 25.6.2009

Zpracoval : Bc. Pazdziora
Schválil: -

Tento protokol nenahrazuje jiné právní dokumenty
Tento protokol nesmí být kopírován bez souhlasu zpracovatelské labortoře

směs : SMA 11 S

s asfaltem PMB 25/55-60 podle ČSN EN 14023

Krok dávkování pojiva : 0,2%

Předpis dávkování složkových materiálů zkušebních záměsí pro optimalizační zkoušky

Kamenivo										Přísada
Zdroj kameniva		0/4		4/8		8/11		VJM 7		
Bohučovice		Bohučovice		Bohučovice		Bohučovice		Lietavská Lúčka		
Bohučovice		Bohučovice		Bohučovice		Bohučovice				
Bohučovice		Bohučovice		Bohučovice		Bohučovice				
frakce		20%		18%		52%		10%		pojiva
dávkování										celkem
kamenivo g										g
										g
										g
										g
										g
										g
										g
										g
										g
										g
										g
										g
										g
										g
										g
										g
										g
										g
										g
										g
										g
										g
										g
										g
										g
										g
										g
										g
										g
										g
										g
										g
										g
										g
										g
										g
										g
										g
										g
										g
										g
										g
										g
										g
										g
										g
										g
										g
										g
										g
										g
										g
										g
										g
										g
										g
										g
										g
										g
										g
										g
										g
										g
										g
										g
										g
										g
										g
										g
										g
										g
										g
										g
										g
										g
										g
										g
										g
										g
										g
										g
										g
										g
										g
										g
										g
										g
										g
										g
										g
										g
										g
										g
										g

série
5
3
1
2
4

Laboratorní výroba směsí

Příprava zkušebních těles rázovým zhuťovačem

ČSN EN 12697 - 30

Teplota míchání směsí : 165 - 185 °C

Teplota zhuťování : 150 °C

Počet úderů 2x 50

Zpracoval: Bc. Pazdiora



TPA ČR, zkušební laboratoř akreditovaná ČIA, AZL 1181, Vrbenská 31, 370 06 České Budějovice
Pracoviště č. 5, Polanecká 827, 721 08 Ostrava



PROTOKOL Č. OS09 -203
Stanovení stékevosti asfaltu podle ČSN EN 12697-18

směs: **SMA 11 S** s asfalem: **PMB 25/55-60**
podle: **ČSN EN 13108-5** typ: **OS09 - 202-ZT**

vzorek číslo: **OS09 -203**

vzorek byl vyrobený dne: **01.07.09**

v laboratoři

Stanovení stékevosti podle Schellenberga

ČSN EN 12697-18

Připrava zkoušky

<i>Teplota odebraného vzorku</i>	165 °C		
<i>Teplota zkušební</i>	175 °C		
Hmotnost - prázdné kádinky	225,3	225,0 g	w_1
- kádinky se směsí	1216,8	1216,2 g	w_2
- kádinka se stéčeným materiálem	226,6	226,2 g	w_3
			0,13%

Stéčený materiál

0,13%

$U=\pm/ 0,005\%$

$U=\pm/$ - Uvedená rozšířená nejistota měření je součinem standardní nejistoty měření a koeficientu rozšíření $k=2$, což poskytuje hladinu spolehlivosti přibližně 95%.

Zkoušeno od: **01.07.09**

do: **01.07.09**

Zkoušel: **Bc. Pazdziora**

Objednatel zkoušky:

VŠB - TUO, FAST, Ludvíka Podéště, 708 33 Ostrava - Poruba

Schválil: -

protokol uzavřen: **02.07.09**

Výsledky zkoušek se týkají jen přednětu zkoušky a protokol nenahrazuje jiné dokumenty. Tento protokol nesmí být bez souhlasu laboratoře kopírován jinak než celý.



PROTOKOL Č. OS09 -002
ZKOUŠKA TYPU - STANOVENÍ OPTIMÁLNÍ DÁVKY POJIVA

list 1/1

směs: **SMA 11 S** typ: **OS09 - 001** příloha: grafy optimalizace
s asfaltem PMB 25/55-60 podle ČSN EN 13108-5

Složkové materiály

Asfalt :	PMB 25/55-60		Hustota asfaltu : 1020 kg/m³
Kamenivo	druh	zdroj	dávkování
1	0/4	Bohučovice	20,0%
2	4/8	Bohučovice	18,0%
3	8/11	Bohučovice	52,0%
4			

filér vápenec Lietauská Lúčka 10,0%

pří sada S-CEL 7 G-SOFT 0,4% hmotnosti směsi kameniva

Zkušební podmínky

Laboratorní výroba směsi

ČSN EN 12697-35

Teplota míchání: 150 °C

Příprava zkušebních těles rázovým zhuťovačem

Počet úderů: 2 x 50

ČSN EN 12697 - 30+A1
Teplota zhuťování těles : 155 °C

Stanovení objem. hmotnosti zkušebních těles

ČSN EN 12697-6+A1

Zkušební postup B

Stanovení max. obj. hm. nezhuťné směsi

ČSN EN 12697-5

Zkušební kapalina : voda

24°C

Stanovení mezerovitosti asfaltových směsí

ČSN EN 12697-8

Stanovené fyzikálně - mechanické vlastnosti

	1	2	3	zvolené optimum	Nejistoty U=+/-
Obsah pojiva ve směsi	6,1%	6,3%	6,5%	6,1%	22 kg/m³
Obj. hm. zkuš. těles kg/m³	2 332	2 352	2 343	2 332	4 kg/m³
Maximální obj. hm. kg/m³	2 405	2 398	2 386	2 405	0,10%
Mezerovitost zkuš. těles	3,0%	1,9%	1,8%	3,0%	
Mezerovitost směsí kam. *	17,0%	16,4%	16,7%	17,0%	
Vyplnění mezer pojivem *	82,1%	88,3%	89,2%	82,1%	
Objem asf. ve zhuť. směsí *	13,9%	14,5%	14,9%	13,9%	

* Doporučené hodnoty

$U=+/-$ Uvedená rozšířená nejistota měření je součinem standardní nejistoty měření a koeficientu rozšíření $k=2$, což zaručuje interval spolehlivosti přibližně 95%.

objednatel zkoušky:

Zkoušeno od : 30.06.09 Zkoušel : Bc. Pazdziora
do : 02.07.09
Protokol vystaven dne : 02.07.09 Schválil : -

Výsledky zkoušek se týkají jen předmětu zkoušky a protokol nenařazuje jiné dokumenty.
Tento protokol nesmí být bez souhlasu laboratoře kopírován jinak než celý.



VSTUPNÍ ZKOUŠKA SMĚSI
ZÁPIS HODNOT STANOVENÝCH OPTIMALIZAČNÍMI ZKOUŠKAMI

Směs : **SMA 11** podle ČSN EN 13108-5 s asfaltem PMB 25/55-60

Zkušební postupy: Stanovení mezerovitosti asfaltových směsí ČSN EN 12697-8

Stanovení max. objem. hmotnosti neztuhlé směsi ČSN EN 12697-5

Stanovení objem. hmotnosti zkušebního tělesa ČSN EN 12697-6

Zkušební postup B

objem, hmotnost zkušebních těles	maximální objemová hmotnost
<div> <div> Série 2 asfalt 6,1% Pyknometry : OS O 28a OS O 28a hmot. prázdného 703,7 703,7 g objem 1313,5 1313,5 cm³ suchý se směsí 1750,3 1750,3 g s vodou a směsí 2626,1 2626,1 g Zkušební teplota: 25,0 °C </div> <div> Série 3 asfalt 6,3% Pyknometry : OS O 21 OS O 21 a hmot. prázdného 697,3 697,3 g objem 1317,1 1317,1 cm³ suchý se směsí 1772,1 1772,1 g s vodou a směsí 2638,5 2638,5 g Zkušební teplota: 25,0 °C </div> <div> Série 4 asfalt 6,5% Pyknometry : OS O 34 OS O 34 hmot. prázdného 697,7 697,7 g objem 1320,1 1320,1 cm³ suchý se směsí 1733,7 1733,7 g s vodou a směsí 2617,1 2617,1 g Zkušební teplota: 25,0 °C </div> <div> OS O 28a 703,7 g 1313,5 </div> </div>	
Těleso č. : Hmot. těl. suchého g ponořeného g povch. osušeného g Zkušební teplota	2-1- 2-2 2-3 2-4 1080,9 1176,2 1184,8 619,4 675,2 681,1 1082,9 1178,2 1186,7 24,0 °C
Těleso č. : Hmot. těl. suchého g ponořeného g povch. osušeného g Zkušební teplota	3-1 3-2 3-3 3-4 1180,7 1180,1 1176,1 1170,7 681,8 682,3 678,5 675,1 1182,7 1181,9 1176,7 1172,7 24,0 °C
Těleso č. : Hmot. těl. suchého g ponořeného g povch. osušeného g Zkušební teplota	4-1 4-2 4-3 4-4 1177,0 1180,2 1179,6 1172,6 678,2 679,1 678,9 673,7 1178,0 1181,0 1181,4 1174,5 24,0 °C

Zkoušeno od: **30.06.09**
do: **02.07.09**

Zkoušel : **Bc. Pazdziora**

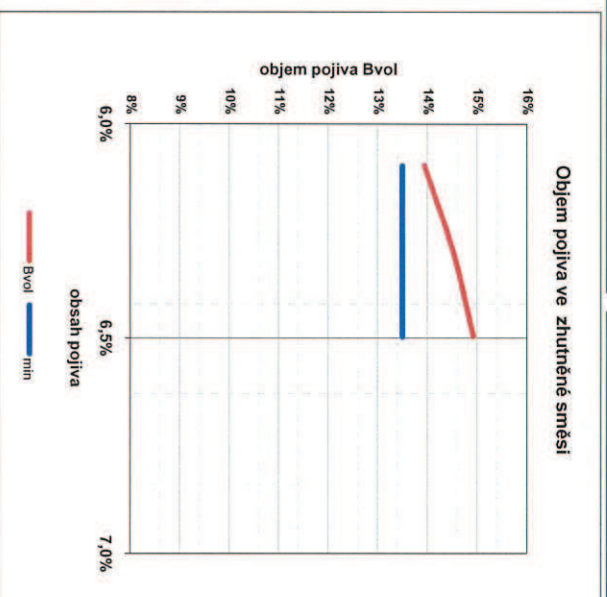
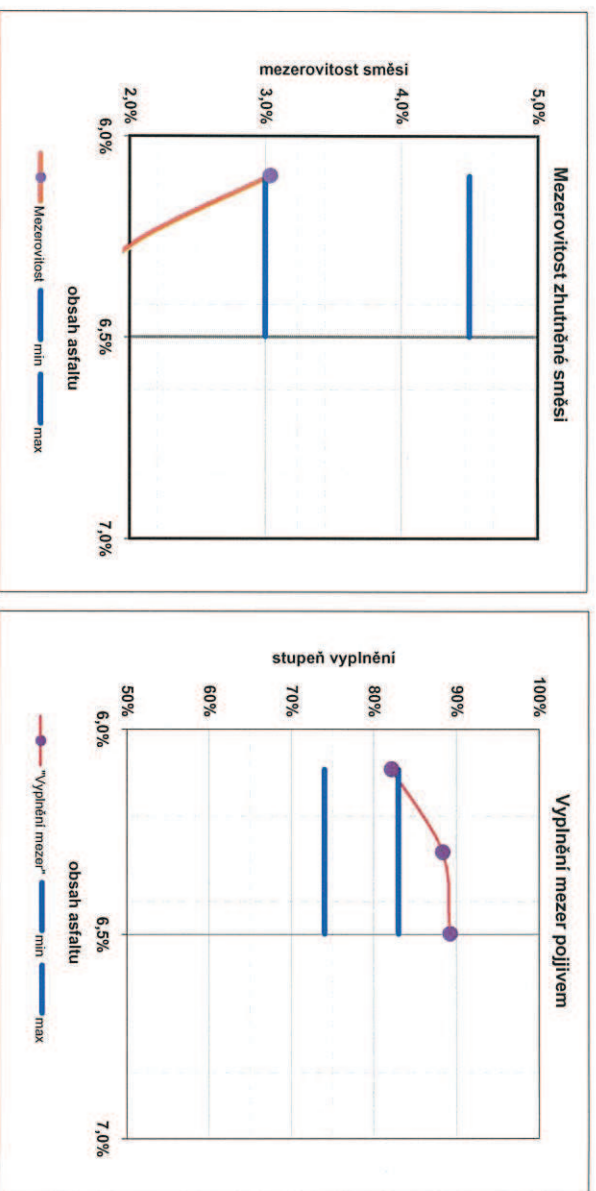
směs: **SMA 11 S**

typ: **OS09 - 001**

podle: **ČSN EN 13108-5**

s afaltem: **PMB 25/55-60**

ZÁVISLOST VLASTNOSTÍ NAVRŽENÉ SMĚSI NA OBSAHU ASFALTU



Zkoušel: **Bc. Pazdziora**
Schválil: **-**



TPA ČR, zkušební laborator akreditovaná ČIA, AZL 1181, Vrbenská 31, 370 06 České Budějovice
Pracoviště č. 5, Polanecká 827, 721 08 Ostrava



PROTOKOL č. OS09 -200
STANOVENÍ VLASTNOSTÍ VZORKU ASFALTU

list 1/1

asfalt: **PMB 25/55-60**

odběr dne: .

místo odběru: **PARAMO Pardubice**

odebral: **od výrobce**

Stanovení penetrace jehlou:

podle ČSN EN 1426

stanovené hodnoty

1	38,0	0.1 mm
2	38,0	0.1 mm
3	37,0	0.1 mm

Stanovení bodu měknutí KK:

podle ČSN EN 1427

stanovené hodnoty

1	62,2	°C
2	61,8	°C

Vyhodnocení:

Požadavek ČSN EN 13924 Stanoveno

U ± Uvedená
rozsířená nejistota
měření je součinem
standardní nejistoty
měření a koeficientu
rozsíření $k=2$, což
poskytuje hladinu
spolehlivosti přibližně
95%.

Penetrace	0,1 mm	25	55	38	± 1
Bod měknutí K+K	°C	60	65	62,0	± 0,6

Stanovené hodnoty jsou ve shodě s ČSN EN 14023 příl. NA

Údaje o zkoušce:

Zkouška č.: **OS09 -200**

Objednatel zkoušky: **VŠB - TUO, FAST, Ludvíka Poděště, 708 33 Ostrava - Poruba**

Vzorek objednatele č.: .

Odběr vzorku byl proveden mimo rámec akreditace.

Vzorek dodán dne: **23.03.09**

Zkoušeno od: **24.03.09**

Zkoušel: **Bc. Pazdžiora**

do: **24.03.09**

Protokol uzavřen: **31.03.09**

Schválil: -

Výsledky zkoušek se týkají jen předmětu zkoušky a protokol nenahrazuje jiné dokumenty.

Tento protokol nesmí být bez souhlasu laboratorně kopírován jinak než celý.



TPA ČR, zkušební laboratoř akreditovaná ČIA, AZL 1181, Vrbenská 31, 370 06 České Budějovice
Pracoviště č. 5, Polanecká 827, 721 08 Ostrava

TPA **PROTOKOL Č. OS09 -201**
STANOVENÍ PŘILNAVOSTI ASFALTU KE KAMENIVU PODLE ČSN 73 6161

Asfalt : **PMB 25/55-60**
Vzorek č.: **OS09 -0144** Vlastnosti stanovené protokolem: **OS09 -0144**
Odběr dne : **24.11.08** Místo odběru : **cisterna**
Kamenivo : **8/16 Bohučovice** Vzorek č.: **OS09-0004**
Odběr dne : **24.11.08** Místo odběru : **výroba - lom**

% obalené plochy	vzhled obaleného zrna	% zastoupení ve vzorku	Pracovní teploty	
100		100	pojivo:	180 °C
90			kamenivo :	170 °C
80			voda:	60 °C
70				
50				
40				
20				

Vyhodnocení : Přilnavost asfaltu ke kamenivu hodnocena jako **výborná**

Údaje o zkoušce

Číslo zkoušky : **OS09 -201**

Objednatel zkoušky : **BÖGL a KRÝSL - SILNICE MORAVA s.r.o., Revoluční 904/30, 794 01 Krmov**

Zkoušeno od : **30.06.09**
do : **01.07.09**
Protokol vystaven : **01.07.09**
Zkoušel : **Bc. Pazdziora**
Schválil : **-**

Metodika zkoušky: ČSN 73 6161

Výsledky zkoušek se týkají jen předmětu zkoušky a protokol nenahrazuje jiné dokumenty.

Tento protokol nesmí být bez souhlasu laboratoře kopírován jinak než celý.



podle ČSN EN 12697-22+A1, malé zařízení, metoda B, na vzduchu

příprava těles podle ČSN EN 12697-33+A1

Objednatel zkoušky:

TPA ČR, s.r.o., Polanecká 827, Ostrava - Svínov 721 08

Účel - určení zkoušky:

stanovení náchylnosti asfaltových směsí k trvalé deformaci pod účinkem zatížení

Výrobce asfalt. směsí:

Druh asfaltové směsi:

SMA 11 S

podle ČSN EN 13108-5

Zkouška typu č.:

OS09-001-ZT

Vzorek odebral:

p. Pazdziora

Datum výroby směsi:

3.7.2009

Místo odběru vzorku:

TPA Ostrava

Číslo vz. objednatele:

PMB 25/55-60

Číslo vzorku laboratoře:

OL09-1632

Druh pojíva:

PMB 25/55-60

Tloušťka zkušebních těles (mm):

40.

Objemová hmotnost zkušebních těles stanovená podle:

ČSN EN 12697-6+A1 metoda B

Datum zhotovení ZT:

11.7.2009

Teplota směsi na počátku hutnění (°C):

150

Obj. hmotnost zkušeb. tělesa č. 1(kg/m³):

2 327

Počet ohrtevů směsi:

2

Obj. hmotnost zkušeb. tělesa č. 2(kg/m³):

2 318

Datum zkoušky:

21.7.2009

Zkušební teplota (°C):

49,86

Doba temperace zkušebních těles (min.):

240

Zkoušku provedl:

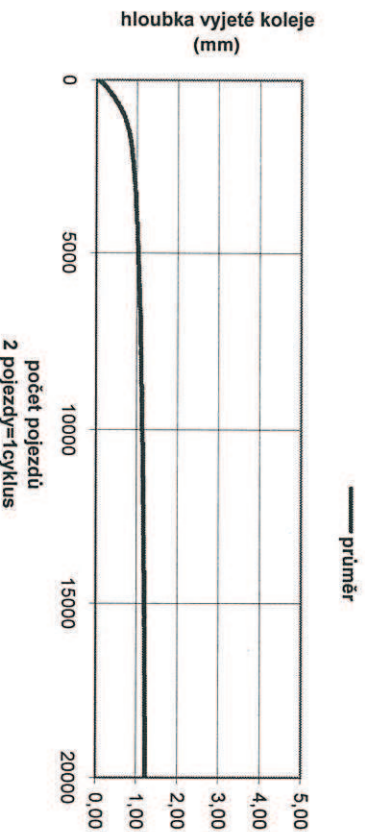
J. Malík, zkušební technik

Použité hutňicí zařízení:

lamelové (výrobce Laboratorní přístroje Jiša, Mánesova 307/5, 417 01 Dubí)

Použité zkušební zařízení:

s automatickým měřením trvalé deformace (výrobce LP Jiša Dubí)



Výsledky zkoušky:

	ZT č. 1	ZT č. 2	průměr	U = +/-	Požadavek
hloubka vyjeté koleje (mm) po 5 000 cyklech-d 5000	1,30	0,96	1,13	0,20	ČSN EN 13108-5
hloubka vyjeté koleje (mm) po 10 000 cyklech-d 10 000	1,38	1,06	1,22	0,22	tab. NA-E.5.1
WTS _{air} (mm/10 ³ cyklů)	0,02	0,02	0,02	0,00	0,07
PRD _{air} po 5000 cyklech	3,3%	2,4%	2,8%	0,5	5,0%

U = +/- Uvedená rozšířená nejistota měření je součinem standardní nejistoty měření a koeficientu rozšíření k=2, což poskytuje hladinu spolehlivosti přibližně 95%.

Poznámky (popis koleje apod.):

Protokol uzavřen:

27.7.2009

Schválil:

Pospíšil Radek
vedoucí pracoviště

Odběr vzorku byl proveden mimo rámec akreditace.

Tento protokol nesmí být bez písemného souhlasu laboratoře kopírován jinak než celý.

Výsledky zkoušky se týkají jen předmetu zkoušky a protokol nenaznačuje jiné.

